Kognitív pszichológiai alapok

1.

A *kognitív pszichológia* a megismerés folyamatát kutatja. Mivel a **gépi intelligencia** csak akkor teljesítheti az elvárásokat, ha önálló **tanulásra** képes, a gépi intelligencia kifejlesztéséhez vezető úton nem mondhatunk le az emberi megismerési folyamat eddig megismert működésének, jellemzőinek hasznosításáról sem.

- **A pszichológia**

A pszichológia az ***összetett viselkedési mintákat*** tanulmányozó tudomány.

Cél: az emberi pszichikum és viselkedés megértése

A fiziológiai, vagy mechanisztikus megközelítés szerint a pszichikum *az agy működésének eredménye*. Amennyiben ez a megközelítés ellentmondáshoz jut, a fizikumtól független szellem feltételezése jogos.

Kutatott területek: érzékelés, tanulás, motiváció, emlékezet, felejtés, érzelmek, intelligencia, lelki zavarok.

1. *guide.discoveronline.org/discover/ guide01/1sec1a.htm*

Kognitív pszichológiai alapok ..

Az emberi pszichikum közvetlenül nem tanulmányozható:
elmélet – kísérlet – elmélet – kísérlet körforgás, spirál vezethet el a megértés egyre magasabb szintjére.

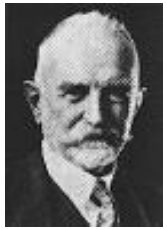
- Pszichológiai tanulmányozási módszerek
  - Viselkedészavarok megfigyelése, **megfigyelések** elemzése.
  - Objektív módszerek:
    EEG (agyi elektromos hullámok rögzítése, Elektroenkefalogram) ,
    EMG (izomfeszültség mérése, elektromiogram),
    GBR (galvános börreakció, érzelmeket kísérő változás),
    Szemmozgás rögzítése.
    Rögzített viselkedési **válaszok**. Mimika, elpirulás, stb.

Kognitív pszichológiai alapok ..

A pszichológiai vizsgálati módszerek időbeli fejlődése

- **Introspekció** = önmegfigyelés (gond: a megfigyelés zavarja a megfigyelt folyamatot). *G.Humprey* és *E.G.Boring* szerint az introspekció **tisztán nem** alkalmazható. A pszichikum csak közvetve tanulmányozható, pl. **fekete doboz** módszerrel: input és arra adott válasz elvezethet a belső működéshez. Következtetés a viselkedésből a gondolkodásra.

- **Pszichoanalízis (*Freud*):** 1820-ban *Herbert* felvetette a **nem tudatos** működések fontosságát. A gondolat kiteljesedését *Freud* műveiben találjuk meg. *Freud* tanítása szerint a **libidó** késztetései jelentik az emberi motivációk kiemelkedő forrásait. Hangsúlyozta a **tudatalatti** működések erőteljes jelenlétét a pszichikum működésében, ami mellett a tudatos működés csak egészen kis részt foglal el. (Úszó jéghegy jelkép.)



*1. Geoge **Herbert** Mead*

2. Sigmund Freud

1. paradigm.soci.brocku.ca/~lward/ mead/default.html *2. 199.93.248.253/~mlevin/ newlab.dir/crazy.html*

Kognitív pszichológiai alapok ..

- **A pszichológiai vizsgálati módszerek időbeli fejlődése ..**

- **Behaviorizmus (*Watson*):** *Watson* és követője, *Skinner* azt tanította, hogy az emberek csaknem **végtelenül alakíthatók**, valamint hangsúlyozták az emberi **viselkedés** következményeinek **fontosságát** szemben az azt kísérő lelki működéssel.
  A pszichoanalízis és a behaviorizmus nézetei1945-1960-ig domináltak, a kognitív folyamatokat azonban szinte teljesen figyelmen kívül hagyták.

1. John B. Watson

Skinner

- **Kognitív pszichológia (*Piaget,* 1980)**: *a kognitív pszichológia* a figyelmet, az észlelést, az emlékezetet, a felejtést, az alakfelismerést, a problémamegoldást, a nyelv pszichológiáját, az értelmi fejlődést és sok más problémát vizsgál.

  A kognitív pszichológia előretörését *a számítógép megjelenése inspirálta*. A számítógép néhány, az emberi agyi funkciókra emlékeztető működése megerősítette, hogy a kognitív folyamatok valóságosak, vizsgálhatóak és talán megérthetők.

1. home.worldonline.dk/ ~holgerwa/6.htm

Kognitív pszichológiai alapok ..

Kognitív pszichológiai fogalmak

- A pszichológia *fő célja* a "szellemi folyamatok" elemzése, melyek általában **kognitív (megismeréssel kapcsolatos)** folyamatokat jelentenek. Ilyen működések a *figyelem, percepció* (*érzékelés, észlelés), felismerés, asszociáció, emlékezet, képzelet, gondolkodás, megértés, felejtés.* Ebből eredően a megismerés elméletei pszichológiai elméletek, a kognitív pszichológia a pszichológia része.

- A *megismerés* a tudás által meghatározott: az új ismeretek megszerzése a korábbiak alkalmazása révén. Olyan működés, amely az élőlényeket és különösképpen az embereket jellemzi.

- *Az emberi információ-feldolgozás jellemzője, hogy az* ingerfeldolgozás terjedelme és minősége az inger természetéről alkotott előzetes elképzelésektől, előfeltevésektől függ.

dr.Dudás László

Kognitív pszichológiai alapok ..

Az észlelés

Az észlelés a pszichológia, ill. a kognitív pszichológia egyik területe.

"Az észlelés az a terület, ahol a *valóság* és a *megismerés* találkoznak."

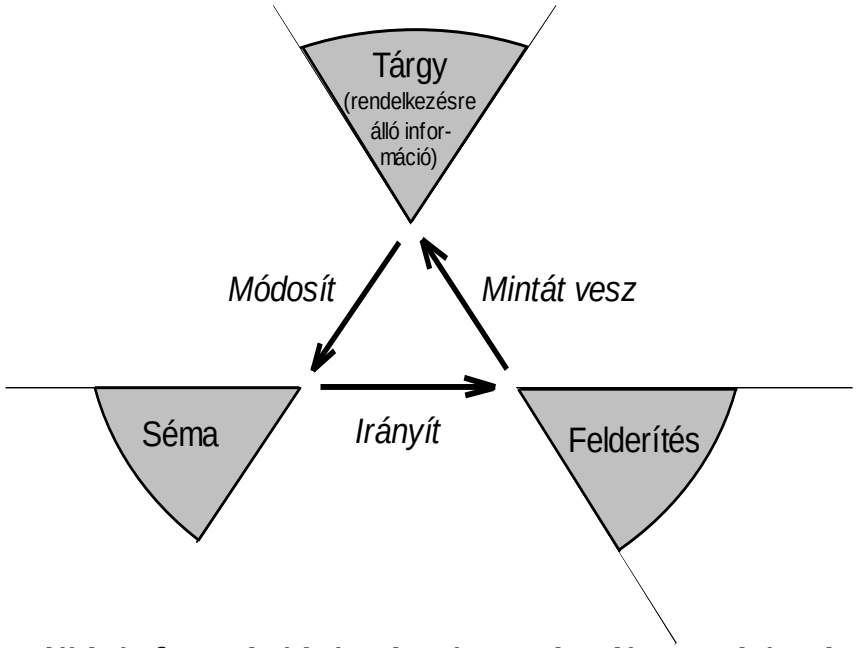
Az észlelés jellemző vonásai

- Minden észlelő szervezet bír olyan **struktúrákkal**, melyek révén képes a környezet bizonyos aspektusait megragadni, míg mások nincsenek rá jelentős hatással.
- Az észlelés és a megismerés a külvilággal való olyan **kölcsönhatás**, melynek révén az észlelő nem csak új információhoz jut, hanem meg is változik, **átalakul**. Az élőlények pszichikumát jelentős részben a megismerési folyamatok hozzák létre. Nem tagadható azonban **öröklött** összetevők léte sem.
- Az észlelés irányításában korábban kialakult (agyi) struktúrák (**sémák**) játszanak meghatározó szerepet és ezek **irányítják az észlelést**, melynek eredményeként módosulnak. (Vesd össze: neuronháló súlyainak alakulása a tanulás során.)

dr.Dudás László

Kognitív pszichológiai alapok ..

- **Az észlelési ciklus** [1.]

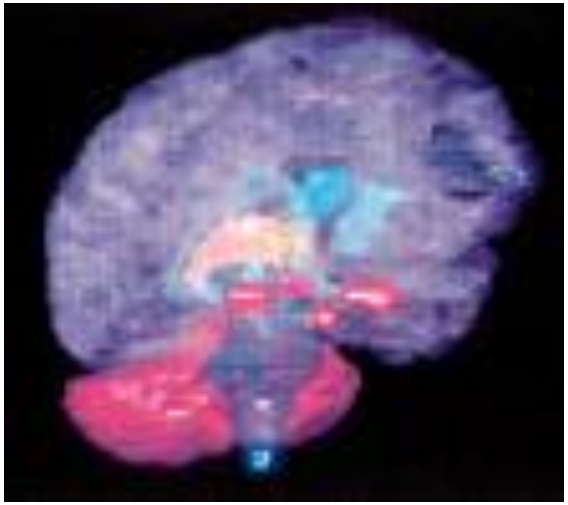


A rendelkezésre álló információ beépül a sémába módosítva azt, a séma irányítja a további információk felderítését, mindezt egy körforgásban, egyre bővítve, finomítva a világ egy részének séma általi leképezését.

1. *Ulric Neisser: Megismerés és valóság Gondolat, Budapest, 1984. p206.*

Kognitív pszichológiai alapok ..

- **Sémák (Bartlett)**
  A séma **az észlelés központi kognitív struktúrája**. A teljes észlelési ciklusnak az a része, amely az észlelőhöz képest belső, a tapasztalat által módosítható, és az észlelt dologra nézve valamiképpen specifikus.[1.]
- Az élő szervezet a külvilágból érkező ingerek révén a helyzethez leginkább kötődő, korábbi észlelések során eltárolt, felépült *sémáját* aktivizálja, mely felveszi az új információt és ily módon **megváltozik**. **Irányítja** a további felderítő mozgásokat és helyváltoztató tevékenységet még több információ elérése érdekében, melyek felvétele tovább alakítja.
- ***Biológiai szempontból*** *a séma az agyi ideghálózat egy része.* Fiziológiai struktúrák és folyamatok egy, az ingerek által aktivizált területe, mely állandóan változik, nem egy központ, vagy egy statikus szerkezet, hanem a bevezető szenzoros idegeket, a sématároló interneurális hálózatot és a kivezető motoros, ill efferens idegeket jelenti.



1. *Ulric Neisser: Megismerés és valóság Gondolat, Budapest, 1984. p206.*

www.sdsc.edu/ScienceAlive/

Kognitív pszichológiai alapok ..

- A sémák kialakulását és működését az agyban meglévő, ***hierarchikus szerveződésű neurális hálózatnak***, állandóan változásban lévő, dinamikusan ***fluktuáló potenciáloknak***, ingeráramlatoknak tulajdoníthatjuk.Mindezt erőteljes *párhuzamos működés*, az egyszerre nagyon sok aktív *együttműködő alrendszer* és *időbeli változékonyság* jellemzi. Az ismeretek tárolásának és aktivizálásának számtalan formája van jelen, melyek mögötti ***biológiai struktúrák***, bioelektromos és elektrokémiai működések megértése igen fontos, de nem könnyű. [1.]

- A *sémák hierarchikus felépítésűek*, a **magasabbszintű** sémák többszinten elhelyezkedő, **alacsonyabbszintű** sémákat foglalnak magukba, de minden szinten megfigyelhetők *mellérendelt*, azonos szintű kapcsolódások is.

- Az alacsonyabb szintű sémák a nem tudatos ingerfelvételben és efferens tevékenységekben vesznek részt, míg a magasabb rendűek a fogalmak szemléltetésére is alkalmasak, szélesebb körű, globálisabb információfeldolgozást és motiválást végzik.

- A *séma* fogalmat alkalmazó ismertebb kutatók ***Piaget***, ***Woodworth, Kagan*** és ***Posner***. A fogalmat új megvilágításba helyezte ***Rumelhart*** *és* ***Norton***. (1975).

dr.Dudás László

- **Kognitív pszichológiai alapok ..**

  - **Kognitív térképek (Tolman, 1948)** [1.]

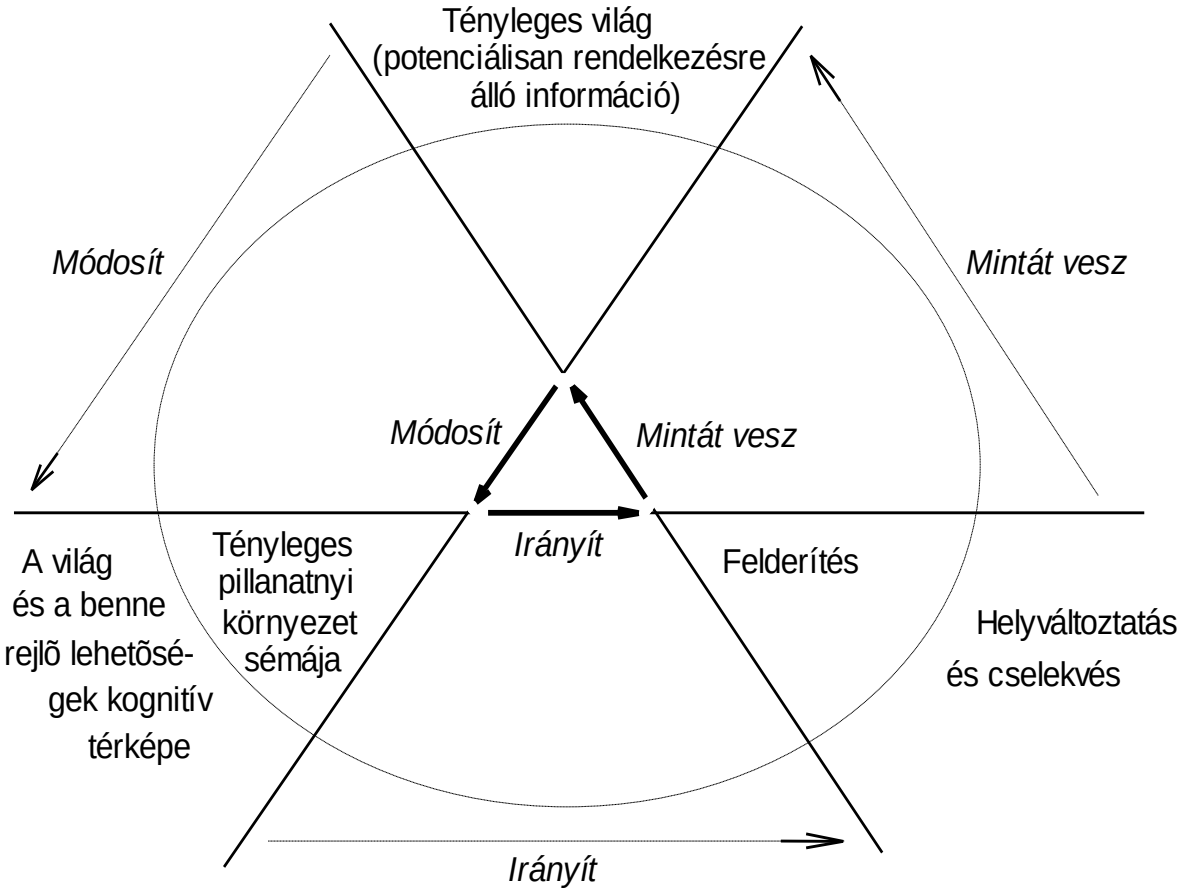
    A kognitív térképek a **térbeli világról** az agyunkban meglévő emlékek összessége, amely alapján a térbeli világban tájékozódunk.

    Jellegzetes elemeik:

    - az ösvények (pl. utcák)
    - a csomópontok, az ösvények találkozási pontjai (pl. terek)
    - a területek, melyeket azonos földrajzi tulajdonság jellemez (pl. lakótelep)
    - a szélek, a területek határai (pl. folyók).

1. *Ulric Neisser: Megismerés és valóság Gondolat, Budapest, 1984. p206.*

- **Kognitív pszichológiai alapok ..**
  - **Kognitív térképek ..** [1]



A kognitív térkép működése

1. *Ulric Neisser: Megismerés és valóság Gondolat, Budapest, 1984. p206.*

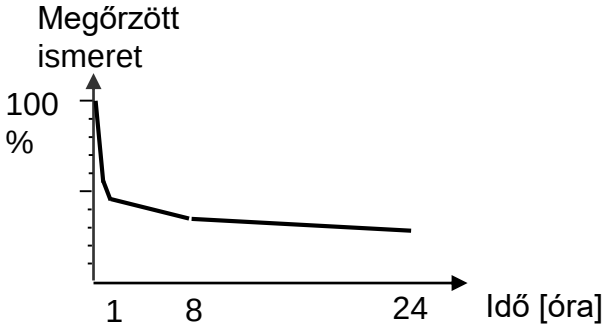
Kognitív pszichológiai alapok ..

Tanulás

A tanulás azért igen fontos, mert az öröklődés mellett ez határozza meg elsődlegesen a viselkedést. Az öröklődés meghatározó abból a szempontból, hogy az egyed mit képes megtanulni.

- Az észlelés során a **séma megváltozik**, ami egyfajta tanulásként értelmezhető.
- A tanulás agyi kapcsolatok megváltozását jelenti. Elsősorban agyon kívüli dolgok leképezése az agyban.
- A tanulás kísérleti tanulmányozását **Ebbinghaus** vezette be 1885-ben. A tanulás mellett elsősorban a felejtés iránt érdeklődött. Az általa felvett felejtési görbe:

1.



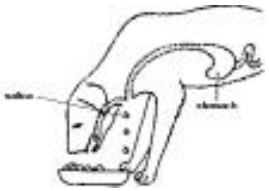
1. www.york.ac.uk/depts/maths/histstat/ people/ebbinghaus.gif

Diagram: www.phil.uni-sb.de/~jakobs/seminar/ vpl/block/block.htm

Kognitív pszichológiai alapok ..

Tanulás ..

- A feltételes reflex tanulását **kondicionálásnak** nevezzük.
- Kimagasló eredményeket ért el a tanulás pszichológiájának tanulmányozásában **Pavlov**, aki fiziológus volt.
- **Pavlov kutyája** a csengő, majd csengő+étel ingerpárost a 15. alkalomra már enyhén társította, a 40. próba körül már egyértelműen várta a csengőhangra az ételt, azaz nyáladzott: kiépült a **feltételes reflex**.



2.

- Pavlov kimutatta, hogy a tanulás során a régebbi ismeretek időlegesen legátlódhatnak.
- A tanulási képesség magyarázata lehet egyes emberi viselkedési mintáknak.

1.

dr.Dudás László

1. ***www.sonoma.edu/psychology/ images/pavlov.gif***

2. *www.biozentrum.uni-wuerzburg.de/ .../learning/classical.html*

Kognitív pszichológiai alapok ..

Tanulás ..

- **A tanulás módozata** együtt változik a tapasztalással, **időfüggő. „Tanulnunk kell ahhoz, hogy tanulhassunk”**
- **A csecsemő fogalomalkotása** már 4-5 hónapos korban megfigyelhető. (Eldugott csörgőt elkezdi keresni.)
- A tanultak rögzítéséhez **ismétlés** kell.
- **Helyes tanulási módszer:** a tananyag elemzése, a váz, a tartalomjegyzék átlátása, kapcsolatok, lényegi pontok keresése, a leírtak átstruktúrálása, több szempont szerinti boncolása, magyarul intenzív foglalkozás a leírtakkal, beágyazás a már birtokolt ismeretekbe.
- **Memorizálási gyakorlat:** cápa - ketrec memorizálás: cápa ketrecben. Még eredményesebb: **bizarr képzeleti képek** alkalmazásával: a cápa megeszi a ketrecet.

Kognitív pszichológiai alapok ..

Emlékezet

Az agyi változások, sémamódosulások megtartási és felidézési képessége**.** Nem más, mint ***információ anticipáció*** (előhívás, előrevetítés, előzetes elképzelés).

- **Rövidtávú:** Hány óra van? Öt múlt tíz perccel.
- **Hosszútávú**: Sikerült a zárthelyim? Sajnos, nem.

- Azonosság: egy-egy társításos tanulás.
- Eltérés: a megtartási idő hossza.

- A **megtartási idő** hossza függ:
  - Ismétléstől
  - Bevésési emóció erősségétől.

- **J.V.McConnel**: a feltételes ingerrel kondicionált **laposférgeket** megetette más laposférgekkel. Eredmény: azok gyorsabban kondícionálhatókká váltak ugyanazon ingerre. Feltételezés: az **RNS** (ribonukleinsav) mennyisége kihat a tanulási képességre, esetleg még specifikusabb következtetés is levonható.

dr.Dudás László

Kognitív pszichológiai alapok ..

Felejtés

A felejtés, a sémák leépülése, amely ténylegesen fellép, inkább a beágyazott ***séma kisebb részleteit*** *érinti*, nem pedig az egész befoglaló struktúrát. Kutatások kimutatták, hogy egy mondat, vagy történet ***általános jelentése*** sokkal tovább ***fennmarad***, mint a szavaké, amelyekből a történet felépül.[1.]

- Fajtái:
  - **Inaktivitásból**, használatlanságból eredő **tartós** megtartás-csökkenés. Közepes meredekségű. „Amit nem használnak, az elsorvad. Amit megtámogatnak, az is.”
  - **Interferenciás**, más tanulással való kölcsönhatásból eredő **tartós** felejtés.
    Proaktív: az előző tanulás hatása a vizsgált tanultak megőrzésére. Enyhe meredekségű.
    Retroaktív: a rákövetkező tanulás hatása a vizsgált tanultak megőrzésére. Ez okozza a legmeredekebb felejtést.
  - **Elfojtásos**, legátlásos **időleges** felejtés. (Pavlov, Freud)

dr.Dudás László

1. *Ulric Neisser: Megismerés és valóság Gondolat, Budapest, 1984. p206.* *Sigmund Freud: **A mindennapi élet pszichopatológiája** Cserépfalvy, Budapest, 1995. p227.*

Kognitív pszichológiai alapok ..

Képzelet [1.]

A *képzeleti* képek nem mások, mint *"**központilag kiváltott érzékletek**"*. Az észlelés ingerei is az agyból származnak.

- "Valamely nem valóságos dolog elképzeléséhez csupán arra van szükség, hogy leválasszuk a vizuális készenléteket a várt valóságos történések általános fogalmáról, és egy másfajta sémába ágyazzuk bele."

  Pl:

  "Kétszarvú bika sémájában a kettő részsémát variáljuk, lecseréljük az egy sémájára és létrejön a valóságban nem létező egyszarvú"

- A **sémák részeinek leválasztása és kombinálása** más részsémákkal eredményezi a **magasabb mentális folyamatok** alapját (képzelet, nyelv).

Gondolkodás

Verbális kapcsolattal bíró sémák láncolódása, gyakran egy kérdésből indulva és a válaszban végződve.

1. *Ulric Neisser: Megismerés és valóság Gondolat, Budapest, 1984. p206.*

- **Kognitív pszichológiai alapok ..**

  - **Összefoglalás**

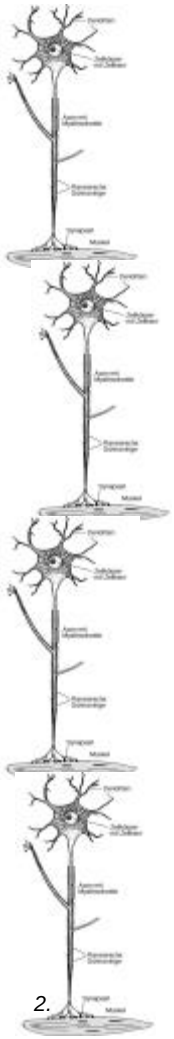
    Eredetileg a kognitív pszichológia *a tanulás és a memória (emlékezés) mechanizmusait* kutatta. *Napjainkban* a kognitív tudomány *a mentális állapotok és az agyi funkciók kapcsolatát kutatja*. Szemben az agykutatókkal, számítógépes tudósokkal és nyelvészekkel, a kognitív pszichológusok abban bíznak, hogy találnak egy olyan **mentális folyamat együttest**, amely megmagyarázza, miként erednek a gondolataink és érzéseink az agy fizikális működéséből.

  - *A neurális hálók* felhasználhatók a kognitív pszichológusok elméleteinek tesztelésére, felhasználva az agykutatók és biológusok eredményeit. A mai modellezési technikák azonban még erőteljes egyszerűsítései a valós jelenségeknek.

Jeanette Lawrence: ***Introduction to Neural Networks*** *California Scientific Software, Grass Valley, 1991. p203*

Az emberi idegrendszer és a látórendszer

1.



2.

További, mesterséges neurális hálókra vonatkozó tanulmányaink előtt célszerű alaposabban megismerni a természet csodájaként számontartott emberi idegrendszert.

Az idegrendszer az *idegsejtek hálózata*.

Az *idegsejt*, vagy más néven *neuron* az emberi szervezet speciális sejtje.

Az idegsejtek hálózata nyújtja azt az **összetett működést**, melyet az emberi agynak megfelelő bonyolultsági szinten *mentális képességekkel*, a *megismerés*, a *tanulás*, az *adaptív viselkedés,* az *érzelmek,* a *beszéd* és a *tudat* jelenségeivel jellemezhetünk.

Az ember már számtalan természettől ellesett példát használt fel mesterséges eszközök létrehozására. Napjainkban a legmagasabbra tartott képességének, *az intelligenciájának lemásolásához* az intelligencia "hardverét" jelentő idegrendszer működésének utánzását tűzte ki célul. Ehhez elengedhetetlen a elemi összetevők, azaz a neuronok megismerése csakúgy, mint az *idegi szerveződés dinamikájának megismerése*.

A vizsgálatok napjainkban már a *molekuláris biológia* szintjén zajlanak, és a kísérletekkel és vizsgálatokkal kinyert ismereteket gyakran felhasználják a mesterséges neuronok, illetve azok hálózatainak megalkotására.

1. *www.brainspeaker.com/ prestrn.html* 2. *ww.de/krankheiten/neurologische_erkrankungen/ ms.html*

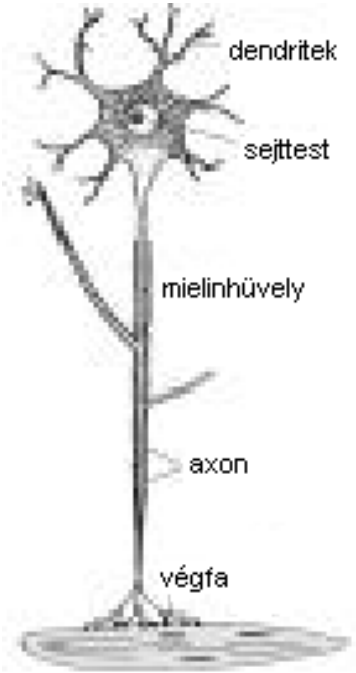
Idegsejtek

Az emberi idegrendszerben különféle alakú idegsejtek milliárdjai találhatók. Az eltérő alakok némileg eltérő működést is takarnak, de az idegsejtek alapfelépítése lényeges azonos sajátságokat mutat.

- Az idegsejt, azaz neuron részei a sejttest a sejtmaggal, az inputként szolgáló sejttest-nyúlványok, vagy más szóval **dendritek**, valamint a sejt ingerületét más sejtek felé továbbító **axon**.

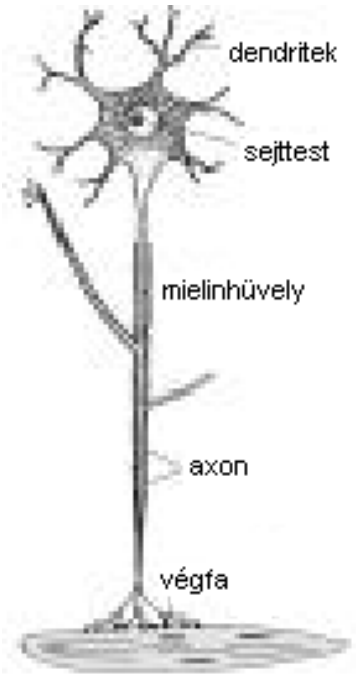
- Az axonok néhány század milliméretől méteres hosszig terjedő vezetékek, melyeket gyakran **mielinhüvely** burkol. Az axon legtöbbször végfácskára bomlik, melynek révén nem ritka a több tízezres kapcsolódás sem.

- Az ingerület a dendritektől a végfa irányába halad.



- **Idegsejtek ..**

Az axonok, melyek az *ingerületet, idegimpulzust* más *idegsejtek testére, dendritjére, vagy izmokhoz, mirigyekhez* továbbítják, a végükön **szinaptikus bunkócskát** tartalmaznak. A kapcsolódás erőteljes párhuzamosságát mutatja, hogy idegsejtenkénti *több tízezer axon kapcsolódása* is előfordulhat, a dendriteken, vagy magán a sejttesten megtapadó bunkócskák **ellephetik** az idegsejtet.
A működés összetettségére és megbízhatóságára utal a nagymérvű **párhuzamosság**, mely ugyanakkor igen komplex, nehezen megfejthető működést takar.



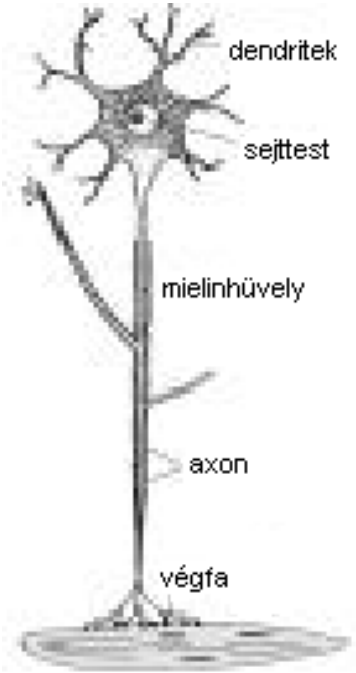
Az **idegek** együtt haladó axonok sokaságából állnak.
Az agy felé haladó **afferens** idegek mellett a mirigyek, izmok sejtjeihez vezető **efferens** idegek futnak.
Az ideg-ideg kapcsolatokat az **interneuronok** bonyolítják, melyek tömegében találhatók az agyban.

- **Idegsejtek ..**

A végbunkócskák nem érintkeznek közvetlenül a sejttesttel, vagy a dendritekkel, hanem egy ***szinaptikus résen*** keresztül kapcsolódnak. Az ingerület átadását a szinapszisban ingerületátadó vegyi anyagok végzik, melyek a különféle **neurotranszmitterek**.

Az idegsejtek funkciójuk szerint *három fő csoportba* oszthatók:

- A **szenzoros neuronok** az érzékelésben játszanak szerepet, érző idegsejtként az érzékszervekből, izmokból, belső szervekből továbbítják az ingerületeket az agy felé.
- A **motoros neuronok** az idegrendszer vezérlő ingerületeit továbbítják a szervek, izmok felé, hogy kiváltsák a kívánt működéseket.
- Az **interneuronok** csak a központi idegrend-szerben - az agyban és a gerincvelőben – fordulnak elő, és neuront kapcsolnak össze neuronnal.



Az idegrendszer részei

Az idegrendszer egyetlen összefüggő hálózatként működik. Az idegsejtek elhelyezkedése, az idegrendszer tagoltsága alapján *két részét* különböztetjük meg:

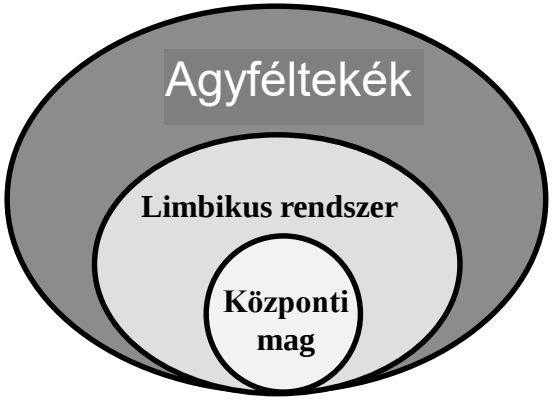
- **központi idegrendszer:** az agy és a gerincvelő idegsejtjei,
- **perifériás idegrendszer:** az összes többi idegsejt.

A minket érdeklő intelligens működésért az összehasonlíthatatlanul bonyolultabb agyi idegrendszer a felelős, bár néhány egyszerű *reflexszerű idegi működést a gerincvelő idegeinél* is megfigyelhetünk, pl. ilyen a térdreflex.

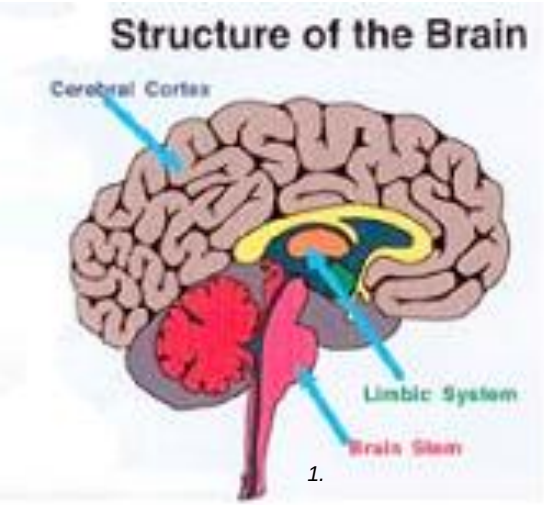
Az agy

Az igen összetett agy bonyolult működését számtalan összehangolt alrendszer segítségével végzi.
Ezek némelyike szemmel is felismerhető.
Az agyat az *evolúciós fejlődésnek megfelelő három hierarchikus részre tagolhatjuk:*

- **központi mag**
- **limbikus rendszer**
- **agyféltekék.**



- **Az agy** ..



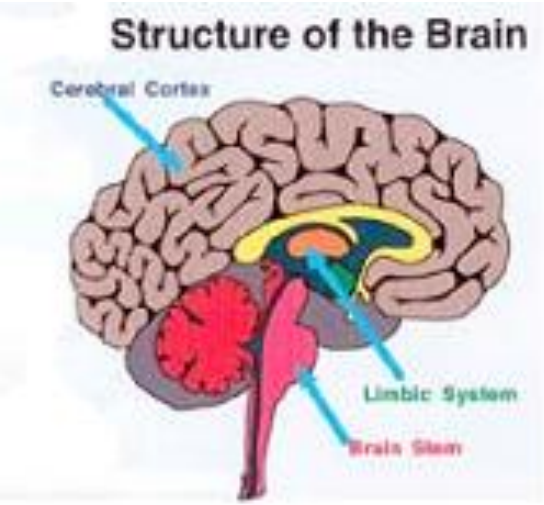
1.

A központi mag a légzést és a testtartást felügyelő **nyúltvelőből**, a mozgás-koordinációért felelős **kisagyból** és a **hipotalamuszból** áll. További fontos része a többi részt összekapcsoló **retikuláris (hálózatos) rendszer**.

- **A kisagy** vezérli az *automatikussá vált tevékenységeket*, melyek azonban magasabb szintről felülbírálhatók.
- **A hipotalamusz** felelős az *érzelmek* és a *motiváció* kezeléséért. Központjai olyan *alapvető életfunkciókat* szabályoznak, mint a *táplálkozás és a szexualitás*. További fontos feladata a *szervezet életfontosságú funkcióinak,* mint pl. a pulzus, vérnyomás, testhőmérséklet *normális szinten való tartása*. Ezek a létfenntartó alapműködések az egyedfejlődés korai szakaszában is elengedhetetlenek voltak. Érdekességként megemlítjük, hogy a homoszexualitás a hipotalamusz egyik sejtcsoportjának méretével függ össze.
- **A retikuláris rendszer** *az álom, az ébrenlét, a koncentrálás* szintjét szabályozza. Mivel minden szenzoros idegcsoporttól érkezik ide idegrost, képes *az agykéregbe kerülő ingerek megszűrésére, tudatosulásuk megakadályozására*.

1. www.firstscience.com/SITE/IMAGES/ reviews/radiant/brain.jpg

- **Az agy** ..



A limbikus rendszer

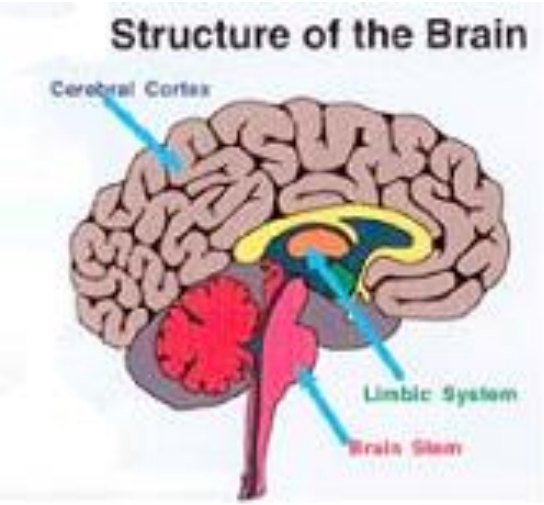
A limbikus rendszer **a mag ösztönös, reflexszerű tevékenysége feletti ellenőrző** szerepet lát el.
A halak, **hüllők**, azaz kezdetleges limbikus rendszerrel bíró állatok az alapvető tevékenységeket a fajra jellemző ösztönös mintákat követve, **reflexszerűen** hajtják végre. A **magasabbrendű** élőlények, emlősök, madarak esetében a fejlettebb limbikus rendszer **változatosabb magatartásformákat** eredményez a táplálkozás, szexualitás, csoportos tevékenységek esetében.

A limbikus rendszer közreműködik az **emóciók, érzelmek megnyilvánulásában** is.

A **hippokampusz,** mely a limbikus rendszerben foglal helyet, a **tartós emléknyomokért, a hosszútávú memóriáért** felel. Sérült hippokampusz mellett csak a régebben eltárolt emlékek idézhetők fel, a fiatalabb emlékek az új emlékek képzsének készségével egyetemben elvesznek.

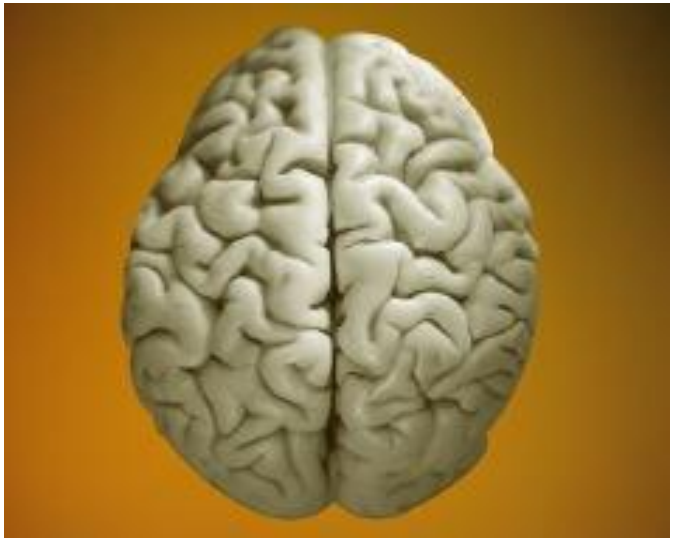
- **Az agy** ..

Az agyféltekék



Az agyféltekék, azokban is a külső vékony **szürkeállomány** az, amelyhez az **intelligens** viselkedést köthetjük. Ezt a működést azonban a központi maggal és a limbikus rendszerrel erős **kölcsönhatásban** nyújtják az agyféltekék.

A **szürke** agykéreg **hatalmas felületét erős barázdáltságának** köszönheti. Vastagsága **3 milliméter** és csak idegsejtek sejttesteit tartalmazza. A belső **fehérállomány** színét az összekötő és kapcsolatirendszer-kialakító szerepet ellátó, fehér mielinhüvellyel burkolt **idegek** adják.

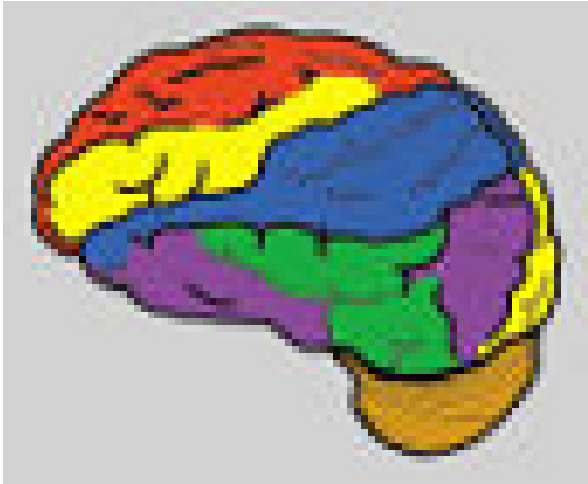


1.

1. ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/1999/ 107-1/forumfig-brain.JPG

- **Az agy** ..

Az agyféltekék ..



1.

Az agykéregben különböző feladatokat ellátó területekbe csoportosultak az idegsejtek. A területek az érzőidegekhez kötődő **szenzoros**, vagy afferens, a beavatkozó, mozgatóidegeket tartalmazó **motoros**, vagy efferens és a magasszintű mentális képességeket végző **asszociációs** területekre tagolhatók. A mentális területek közé tartozik elsősorban az **emlékezés, gondolkodás, nyelvhasználat, téri műveletek, zene**.

A szenzoros területek és az általuk kezelt testrészek szemléltetésére szokták alkalmazni a nagykezű, szemű és nyelvű **szenzoros emberkét**, míg a motoros területekhez kapcsoltan a szintén nagykezű **motoros emberkét** rajzolják. Az agyban **a területek nagysága az általuk kezelt működés kifinomultságával arányos**. Az intelligencia nem az agy méretével, hanem az idegsejtek számával és a kapcsolatrendszer összetettségével arányos.

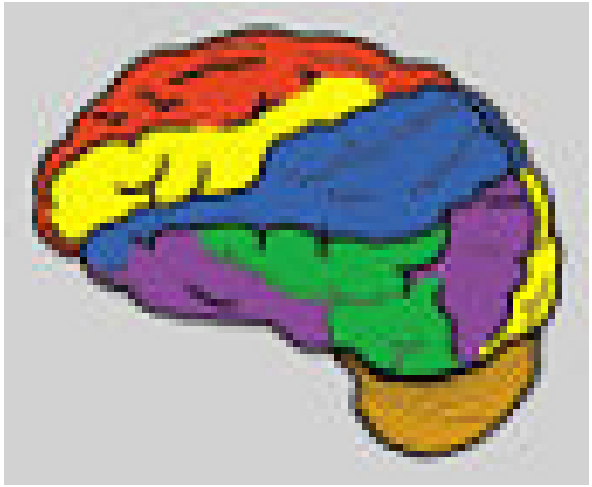
1. ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/1999/ 107-1/forumfig-brain.JPG

- **Az agy** ..

Az agyféltekék ..

Az agykéreg fő területei:

- a **motoros terület**,
- a **szomatoszenzoros terület**,
- az **asszociációs területek**.
- a **látóterület**,
- a **hallóterület**,



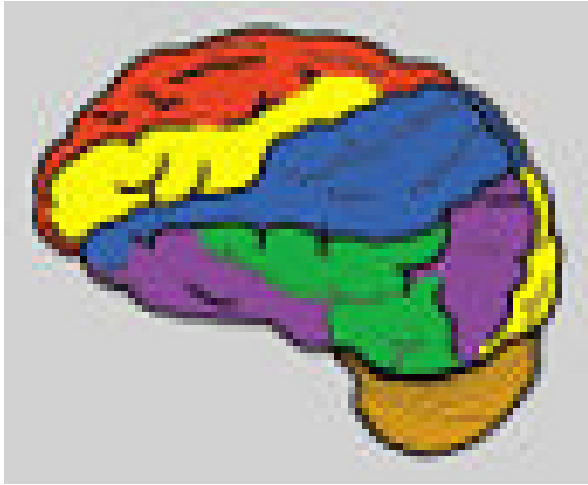
A motoros terület felel *a tudatos testmozgásokért*. Ezen terület ingerlése akaratlagosan nem gátolható mozgásokat vált ki, sérülése a megfelelő mozgásos készség kiesését okozza. A test baloldalát a jobb agyfélteke képezi le, és viszont.

A szomatoszenzoros (testérző) terület felelős a *hideggel, meleggel, fájdalommal, testhelyzetekkel* és a *tapintással* kapcsolatos ingerek felfogásáért. Itt is megfigyelhető a bal-jobb csere.

- **Az agy** ..

Az agyféltekék ..

Az agykéreg fő területei ..



A látóterület felelős a látványinformációk feldolgozásáért. A retina félgömbje egy bal és egy jobb negyedgömbre tagolódik. A balból a bal agyféltekébe, a jobból a jobb agyféltekébe mennek az idegek, azaz a bal agyfél a szemlencsében megcserélődő jobb kezet látja.

A hallóterületek a halántéki lebenyekben találhatók és főleg *a hangok időbeli mintáinak feldolgozásában* játszanak szerepet. Mindkét fültől haladnak idegek minkét agyféltekébe, de az ellenoldali területek erőteljesebbek.

Az asszociációs területek kezelik mindazokat a szellemi tevékenységeket, melyek nem motoros, és nem is szomatoszenzoros ingerek feldolgozását jelentik, hanem a *magasabb szintű mentális folyamatokhoz kötődnek, pl. a beszéd, gondolkodás*. Beszédkészségünk a bal agyféltekében található **Broca-mező** fejlettségétől, beszédértésünk színvonala pedig a **Wernicke-mező** fejlettségétől függ. Atéri és a zenei képességek a jobb agyféltekében lakoznak.

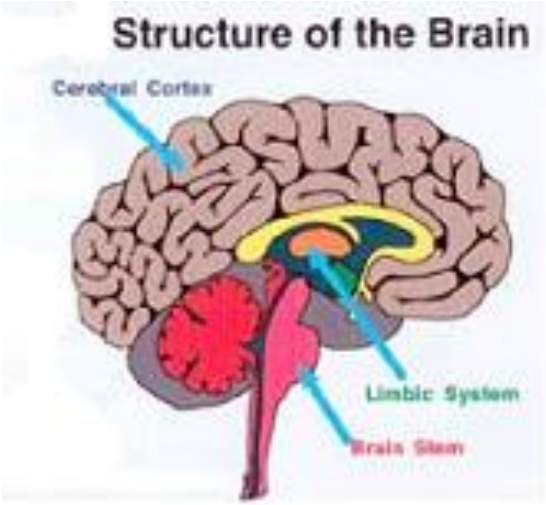
dr.Dudás László

- **Az agy** ..

Az agyféltekék ..

A két félteke látó- és hallóterületeinek, stb. azonos pontjait a **corpus callosum** (**kérgestest** egy része) köti össze, biztosítva az együttműködést.

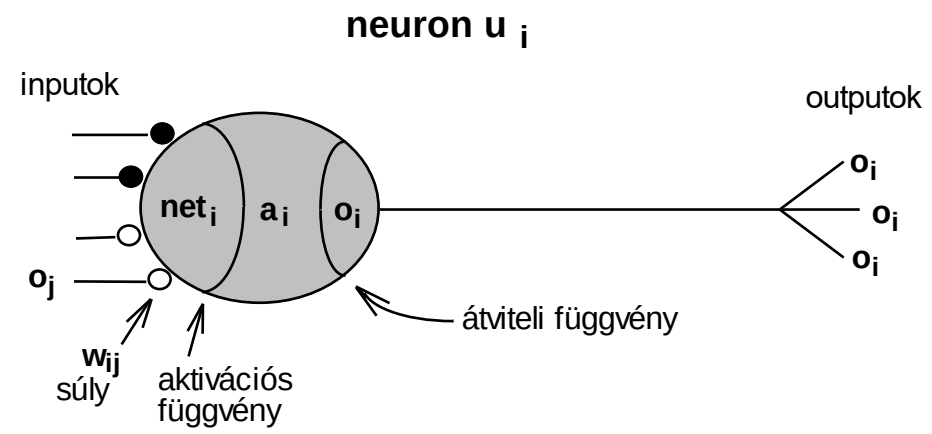
Ha **átmetszik** az összekötéseket, a személy két agyfele önállóan működik, akár ellentmondó módon is. **Két elme egy koponyában**: eltérő szándékokkal, ismeretekkel, képességekkel.



A szagérzékelés kivételével a többi érzékszerv kapcsolatban áll az ellenkező oldali agykéreggel.

www.bbc.co.uk/.../parents/ article_secondary_14012002.shtml

A mesterséges neuron



$$net_i = \sum_{j=1}^{n} w_{ij} \cdot o_j$$

súlyozott bemenetek összege

. . . A bemenőjelek egyszerű összegzése a szokásos, de vannak bonyolultabb eljárások is

Az u_i neuron

dr.Dudás László

A mesterséges neuron részei

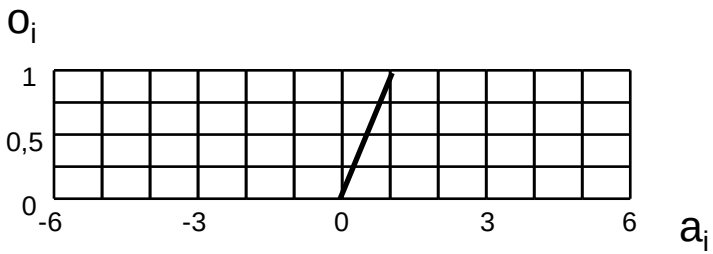
Egy mesterséges neurális háló egyszerű számítási egységekből, mesterséges neuronokból áll, melyek egymásnak küldött jelekkel kommunikálnak. A jelek nagyszámú súlyozott kapcsolaton áramlanak.

- u_i a háló i. mesterséges neuronja
- o_j a j. neurontól érkező jel az u_i neuron bemenetére
- w_{ij} a j. neurontól az i. neuronba érkező jel szorzója, a u_j-u_i kapcsolat súlya
- net_i az u_i neuron bemeneteinek súlyozott összege,
  $net_i = \Sigma w_{ij} * o_j \quad (j=1..n)$
- a_i az u_i neuron aktivációs potenciálja, melyet a bemenetek súlyozott összegéből az aktivációs függvény állít elő. Ez a függvény egyszerű esetben elmarad. Az a_i aktivációs potenciál gerjesztő input híján időben csökken, a gerjesztett, izgatott állapotból visszatér egy inaktív szintre:
  $a_i = a_i(t)$
- Az átviteli függvény generálja az aktivációs potenciálból az o_i kimenő jelet. Az átviteli függvény leggyakrabban küszöb , vagy szigmoid alakú. A függvénynek köszönhetően a neuron egy bizonyos aktivációs potenciált elérve ad csak outputot, tüzel.

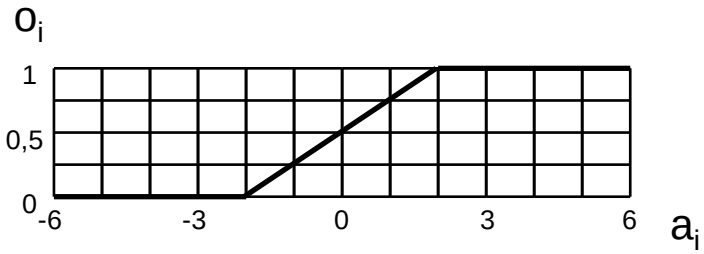
dr.Dudás László

Az átviteli függvény típusai

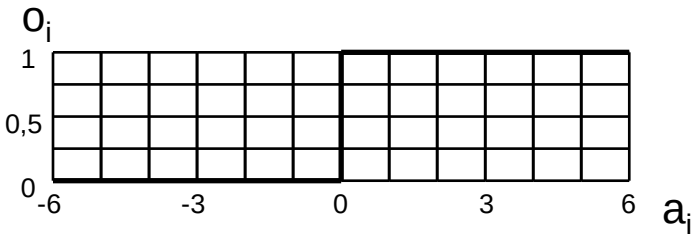
- Lineáris $o_j = f(a_i) = \alpha * a_i$; α valós



- Lineáris küszöb függvény

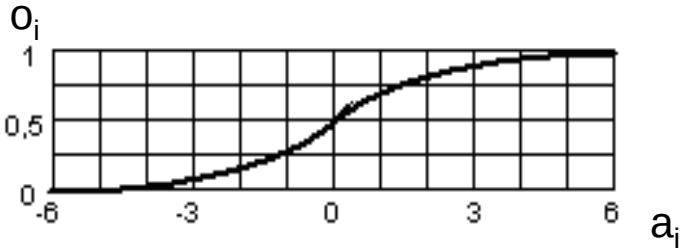


- Lépcsős függvény



- Szigmoid függvény
  (a leggyakrabban alkalmazott)

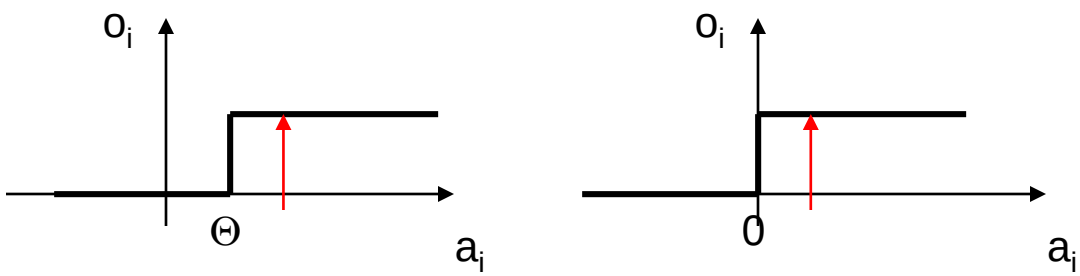
$$o_i = \frac{1}{1 + e^{-a_i}}$$



- Egyéb, pl.: Gauss-féle (haranggörbe), tangens-hiperbolikus függvény.

Az átviteli függvény küszöbértékének megadása

A mesterséges neuron átviteli függvényének küszöbértéke is változik a betanítás folyamán. A változtathatóság egyszerűsítésére a küszöbértéket nem a neuronban adják meg, hanem egy plusz bemenet megadásával realizálják. A bemenet inputértékeként –1 értéket megadva, a bemenet súlya meg fog egyezni a szükséges küszöbértékkel. Ily módon a betanítás során végzett automatikus súlymódosítások a küszöböt is állítani fogják.



Egy n bemenetes neuron tüzel, ha $w_{i1}*x_1+w_{i2}*x_2+\ldots+w_{in}*x_n > \Theta$

Ugyanígy, az n+1 bemenetes neuron tüzel, ha

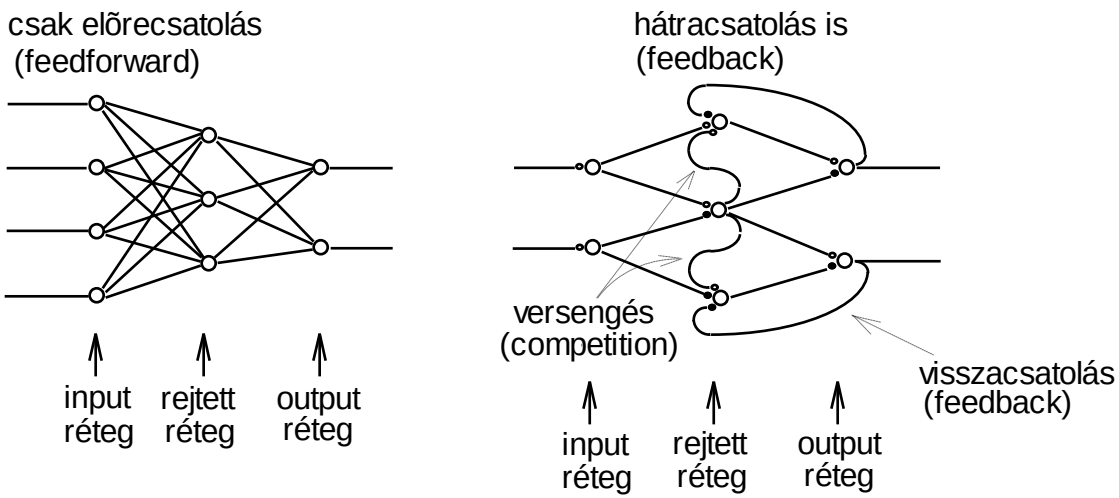
$$w_{i1}*x_1+w_{i2}*x_2+\ldots+w_{in}*x_n + \Theta*(-1) > 0$$

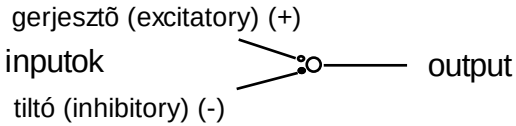
dr.Dudás László

Hálózati topológiák

A neuronokat egymáshoz kapcsolják, és a rendszer általános viselkedését ezen kapcsolatok struktúrája és erőssége (w_{ij}) adja meg. A neuronokat csoportokba, vagy rétegekbe rendezik el. Az egyetlen réteget alkotó, egymással kapcsolódó neuronok hálózatát gyakran *tartalom által címezhető memóriának* (CAM, Content Addressable Memory) nevezik.

Gyakoribb a többrétegű topológia:





dr.Dudás László

Hálózati topológiák ..

A neurális hálók eltérő működéséért elsősorban az eltérő topológia a felelős.

- **Az előrecsatolt** hálók működése nem időfüggő: a jelek áthaladnak a hálón a bemeneti réteg irányából a kimeneti réteg felé. A hálóban több rejtett réteg is lehet. A kimenet a bemenet, a neuronok átviteli jellemzőinek és a súlymátrixnak a függvénye.

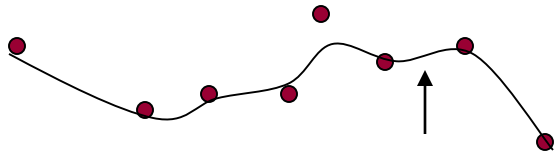
- **A hátracsatolt**, vagy visszacsatolt hálók működése eltérő: a bemenet ráadása egy, általában konvergens folyamatot indít el, amelyben a jelek előrefelé és visszafelé is haladnak. A t. időpillanatban számított jelek megjelenhetnek a korábbi rétegek bemenetén a t+1. időpillanatban. A konvergencia végén a jelek értéke állandósul, ekkor leolvashatjuk a kimenő rétegen a kimenet értékét.
  A hátracsatolt hálók néhány jellemzője:
  - Lehetnek konvergensek egy stabil állapot felé, vagy instabilak, oszcillálóak.
  - A konvergencia, a stabil állapot elérése hosszabb időt igényelhet.
  - Nehezebben taníthatók és bonyolultabb matematikai apparátussal írhatók le.
  - Rendelkezhetnek belső állapottal.

dr.Dudás László

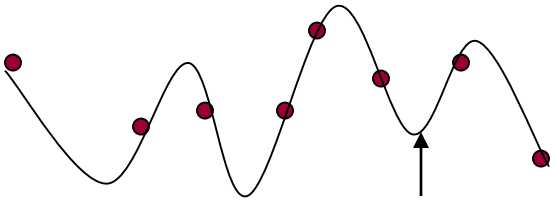
Hálózati topológiák ..

A hálózati struktúra változtatható paramétereinek kihatása a működésre:

- A hálók bemeneti és kimeneti neuronjainak a számát a neuronhálóval megoldani kívánt feladat egyértelműen meghatározza. A belső rétegek száma és a bennük lévő neuronok száma azonban szabadabban választható meg.
- Túl kevés neuron kevés minta tárolását teszi lehetővé és meghiúsíthatja a betanulást.
- Túl sok neuron esetén a háló betanul, de a korábban nem látott inputokra a háló rosszul válaszol, adatbázisszerűen működik.



Approximáló-jellegű görbe jól általánosít



Interpoláló jellegű görbe erősen hullámzik, rosszul általánosít

- **Hálózati topológiák ..**
  - Egy rejtett réteggel rendelkező hálók bármely folytonos függvény megtanulására képesek
  - Két rejtett réteggel rendelkező hálók minden függvényt képesek approximálni, bár ezt az elvi lehetőséget a bemenetek számától exponenciálisan függő belső rétegbeli elemszám rontja.
  - Érdekes kísérlet az optimális hálótopológia keresése genetikus algoritmussal a szóbajöhető hálószerkezetek terében.

Tanulási módszerek

A tanulást úgy definiáljuk, mint a hálózat memóriájának, azaz a súlymátrixnak a változását.

Kategóriái:

1. *Felügyelt tanulás* (supervised learning)
2. *Felügyelet nélküli tanulás* (unsupervised learning)

Felügyelt tanulás: külső tanárt, ill. globális információt igényel, és olyan technikákat jelent, mint:

1. **hiba-javító tanulás** (error correction)
2. **megerősítő tanulás** (reinforcement learning)
3. **sztochasztikus tanulás** (stochastic learning).

Felügyelt tanulási módszerek

- **hiba-javító tanulás** (error correction): az output réteg egyes neuronjainál vizsgált - az elvárt és a valós értékek különbözeteként adódó - értékek alapján a súlymátrix kapcsolatait módosítja

- **megerősítő tanulás** (reinforcement learning): megfelelően végrehajtott akcióknál a súlyok megerősödnek, egyébként gyöngülnek, az akció jóságát az outputvektorból képezett skalár mutatja

- **sztochasztikus tanulás** (stochastic learning): a súlymátrix random változtatása után meghatározza a hálózat ún. energiaértékét. Ha a változás hatására az energia csökkent, akkor a változást elfogadja, egyébként pedig csak akkor, ha a változás megfelel egy előreválasztott valószínűségi eloszlásnak. Ez a véletlen elfogadása a változásnak, mely időszakosan ronthatja a rendszer működését, jóságát, lehetővé teszi, hogy kikerüljön a lokális energiaminimum völgyekből, miközben az optimális állapotot keresi. (Vesd össze: szimulált hűtés elvű kereséssel.)

- **Felügyelt tanulási módszerek ..**

Példák a felügyelt tanulásra:

- Perceptron (*Minsky* és *Papert*, 1969)
- Adaline
- Madaline (*Widrow* és *Lehr*, 1990)
- Back-propagation
- Boltzmann-gép (*Ackley*, 1985).

Felügyelet nélküli tanulás, vagy önszervezés

Nem igényel külső tanítót, lokális információn és belső kontrollstratégián alapszik. (Versengő háló.)

Példák a felügyelet nélküli tanulásra:

- Hopfield háló (*Hopfield*, 1982)
- Kétirányú asszociatív memória = BAM (Bidirectional Associative Memory, *Kosko*, 1987))
- Kohonen modell (*Kohonen*, 1988)
- Szembe terjesztés (counter propagation , *Hecht-Nielsen*, 1987).
- Adaptív rezonancia elmélet (ART, Adaptive Resonancia Theory, *Carpenter* és *Grossberg*, 1988)

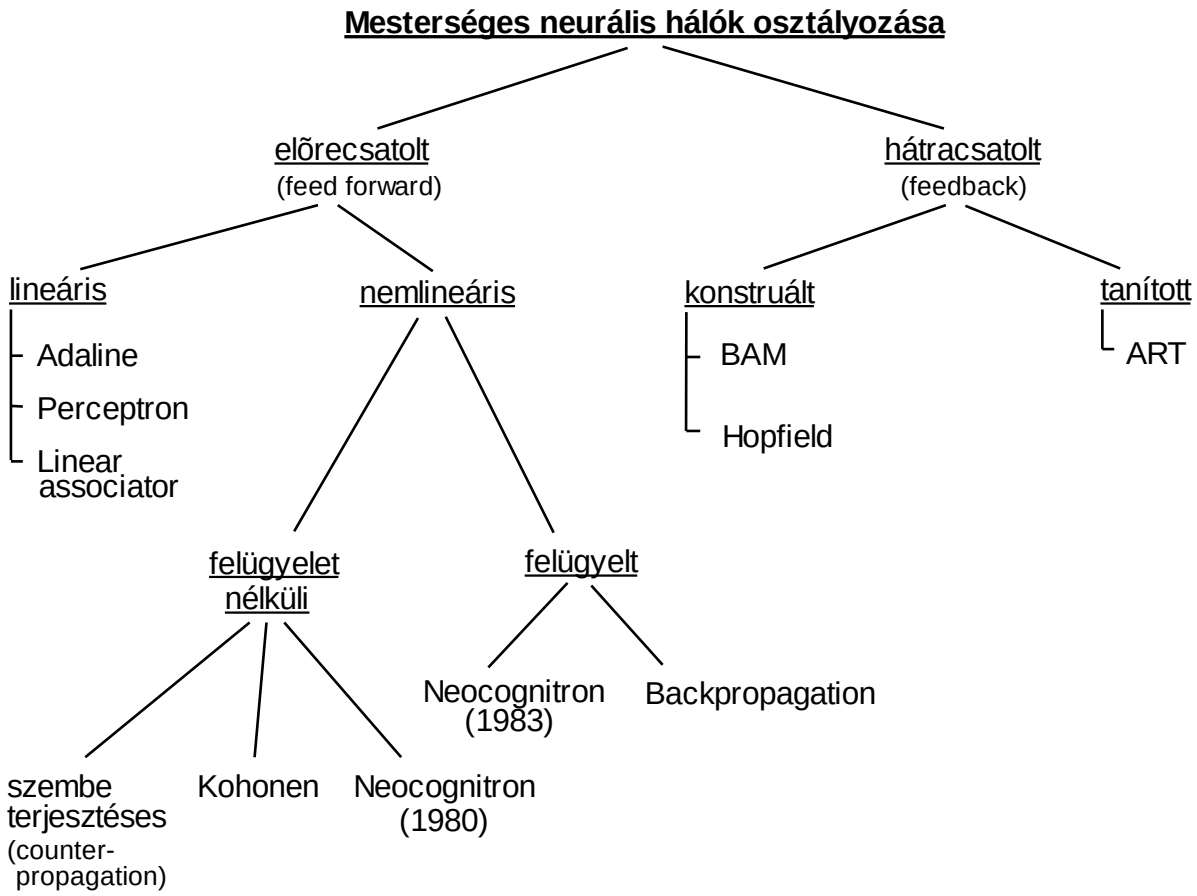
Tanulási alapelvek

- **Hebb-féle** (1949): az egyidejűleg izgalomban lévő neuronok kapcsolata erősödik.

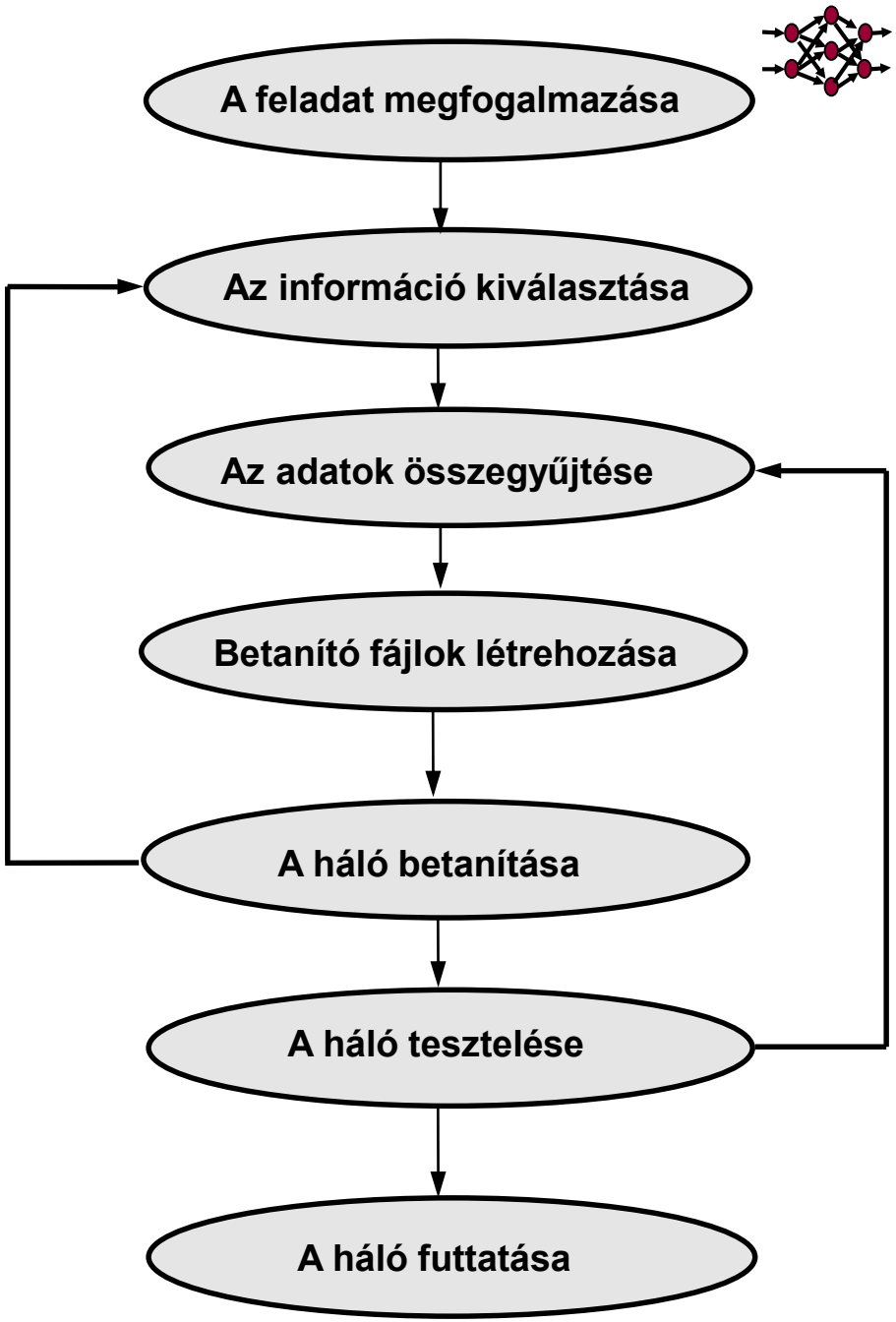
- **Delta-szabály** (Bernard Widrow és Ted Hoff, 1960): A tanítási folyamat során az output és a megkívánt output közötti eltérés esetén a súlyokat olyan irányba kell módosítani, hogy csökkenjen az eltérés. $\Delta w = \Delta o$ * *inputok* * *tanulási_együttható* (Δo = error az outputnál).

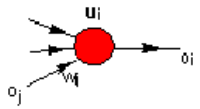
- **Back-propagation, visszafelé terjesztés:** a delta szabály variációja. A többrétegű előrecsatolt háló súlyait oly módon állítja be, hogy a számított kimenet és az elvárt kimenet eltérését felhasználva a kapcsolati súlyokat olyan irányba módosítja kismértékben, hogy az input következő bemutatásakor az eltérés csökkenjen.

A neurális háló - modellek osztályozása



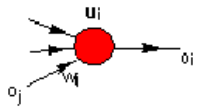
- **Back Propagation elvű neuronháló-alkalmazások készítésének lépései**
  - Az eredményes munkához nem szükséges a háló belső működésének megértése. A legfontosabb olyan adatok gyűjtése, melyeket az asszociáció útján való tanulásban fel tud használni. Rendszerint az adatmennyiséggel párhuzamosan nő a betanítás eredményessége.





- **Előrecsatolt mesterséges neuronháló modellek**

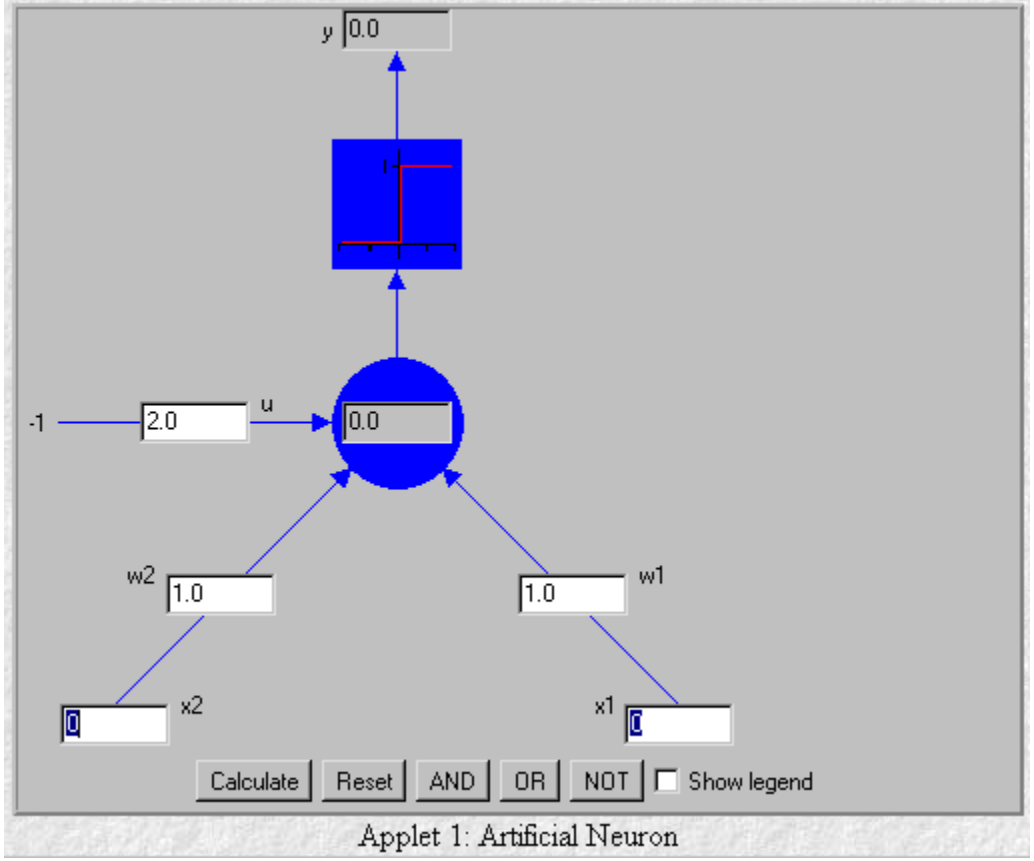
1. 1943. *McCulloch - Pitts*: Bináris háló
2. 1958. *Rosenblatt*: Perceptron
3. 1972. *Anderson, ill. Kohonen*: Lineáris asszociátor
   (egymástól függetlenül)
4. 1981. *McClelland és Rumelhart*: Versengés és együtt-
   működés
5. 1980, 1983. *Fukushima*: Neocognitron
6. ~1983. *Kohonen és Grossberg*: Szembeterjedéses
   háló (Counter propagation)
7. 1985-86. *Rumelhart + Hinton + Williams*: Back propagation
   Le Cun; Parker
8. 1988. *Kohonen*: Önszervező háló



- **McCulloch - Pitts: Bináris háló ..**

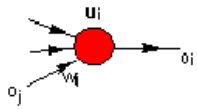
Jellemzői:
- Nem tanítható
- Rögzített súlyok.

Bemutató Java applet: http://home.cc.umanitoba.ca/~umcorbe9/neuron.html#Inputs



Logikai operátor	*w1*	*w2*	θ
AND	1	1	2
OR	1	1	1
NOT	-1		0

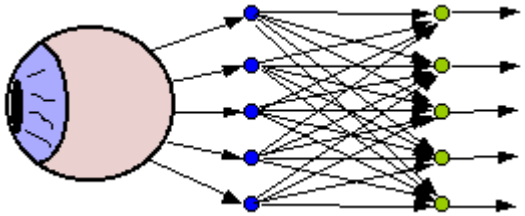
AND, OR, NOT logikai műveletekkel bármely logikai háló felépíthető.



- **Rosenblatt: Perceptron, 1957**

Rosenblatt: Principles of Neurodynamics c. könyv, 1962.

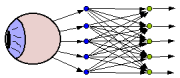
A Perceptron egy jellemzőfelismerő. Az input bemenetek által reprezentált mintát képes besorolni a neki betanított mintaosztályok valamelyikébe.



Jellemzők:

- A látást, a retinát modellezte
- A retina-modell mátrix alakban elrendezett fényszenzorai képezték az inputot
- A szenzorkimeneteket mesterséges neuronok csoportjához vezették, mely csoport elemei különböző mintákat ismertek fel
- Az output réteg neuronja addig nem tüzel, amíg egy adott gerjesztési szint, azaz egy adott típusú inputmintázat nem jelentkezik.
- Ez a modell azon a tapasztalati megfigyelésen alapult, miszerint a hasonló összetettségű alakzatok közül egyesek könnyebben megtanulhatók és felidézhetők, mint mások.

dr.Dudás László

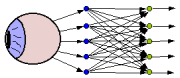


Rosenblatt: Perceptron ..

Jellemzők..:

- Képes megtanulni egyszerű minták felismerését
- Kétrétegű (ahol az input réteg csak elosztó szerepű, azaz valójában a Perceptronok egy rétegben vannak), heteroasszociatív, legközelebbi szomszéd - elvű mintafelismerő
- Folyamatos értékű és bináris inputtal egyaránt működhet
- Offline módon tanul, időciklusokban működik és hibajavító módszerrel tanulja meg az (X_k, Y_k), $k=1..m$ mintapárokat. A *k.* mintapár input vektora $X_k = (x_1^k, x_2^k, ..., x_n^k)$ analóg értékekkel, az $Y_k = (y_1^k, y_2^k, ..., y_p^k)$ kimeneti vektor bipoláris [-1;+1] értékekkel bír.
- Egy Perceptron azt dönti el, hogy egy input minta két osztály közül melyikhez tartozik.
- Felügyelt tanulást végez.

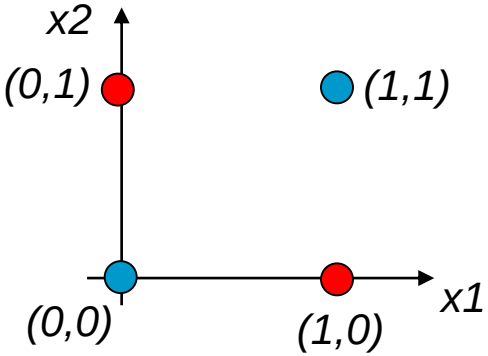
dr.Dudás László



Rosenblatt: Perceptron ..

A Perceptron hibája ..

A feladatok egy része olyan pontok szétválasztását igényli, melyeket lineáris szeparáló objektummal (egyenes, sík, hipersík) nem lehet elkülöníteni, az osztályokat nem lehet létrehozni. Ezek legnevezetesebbike a **XOR** logikai művelet.



XOR		***x1***	
		0	1
x2	0	0	1
	1	1	0

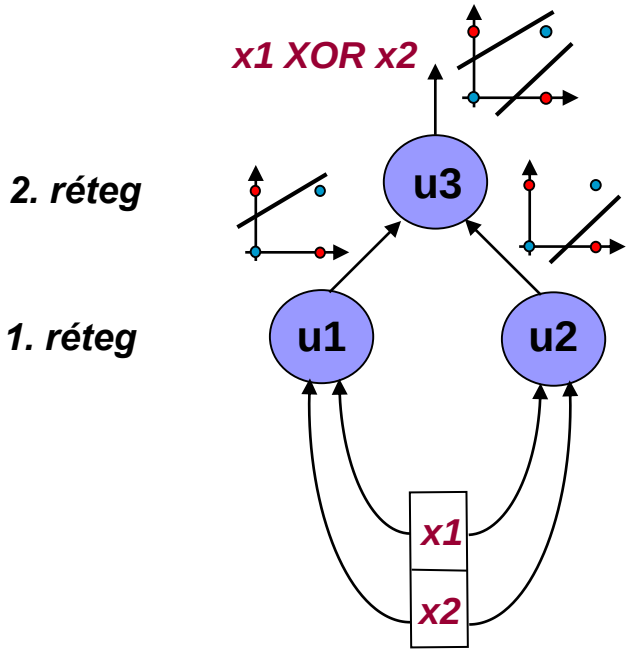
dr.Dudás László

Többrétegű Perceptron (Back propagation)

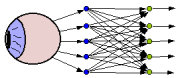
Cél: a lineárisan szeparálhatatlan inputok megkülönböztethetőségének elérése.

Megoldás: Perceptronok kettő, vagy több rétegben

Az első réteg neuronjai alkalmasak az inputminta kisebb, egyenessel elszeparálható részeinek megkülönböztetésére, a második réteg neuronja pedig alkalmasak az első réteg neuronjaitól jövő kétféle osztályba tartozó jelek megkülönböztetésére. Például a XOR függvény megoldása:



Az u1 neuron észleli a (0,1) bemenetet, az u2 pedig az (1,0) bemenet esetén ad 1-et. Az u3 neuronnak csak egy VAGY függvényt kell realizálnia.

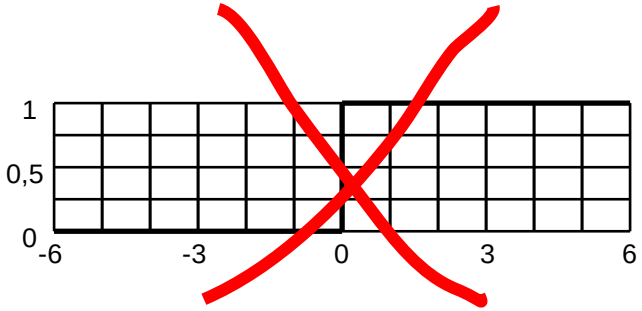


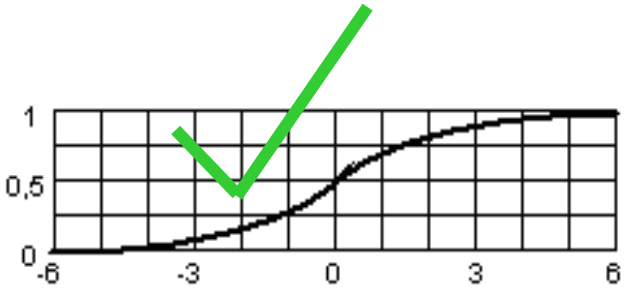
- **Többrétegű Perceptron ..**

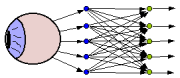
Probléma: a súlyok csak megadással állíthatók be, **a háló nem képes tanulni**.

Oka a kredit hozzárendelési probléma: a lépcsős átviteli függvény, mely miatt a második rétegre nem jut el információ az x1, x2 bemenetek tényleges értékéről. Mivel a tanulás megfelel az aktív inputok és az aktív neuronok közötti kapcsolat erősítésének, lehetetlen a háló megfelelő részét erősíteni, mivel az aktuális inputok el vannak vágva az outputtól a közbenső réteg által. A kétállapotú neuron, lévén „tüzel”, vagy „nem tüzel” állapotban, nem ad semmi jelzést a súlyok módosításának mértékéről. A küszöbhöz közeli, a neuront éppen csak tüzelésre késztető inputok súlyait nem kellene ugyanolyan mértékben módosítani, mint azokét, amelyek hatására a neuron aktiváltsága messze esik a küszöbtől. A bűnös az ugrásfüggvény.

Megoldás: alkalmazzunk a küszöb közelében **átmenettel bíró átviteli függvényt**, mint pl. a lineáris küszöb, vagy méginkább a szigmoid függvényt.







- **Többrétegű Perceptron ..**

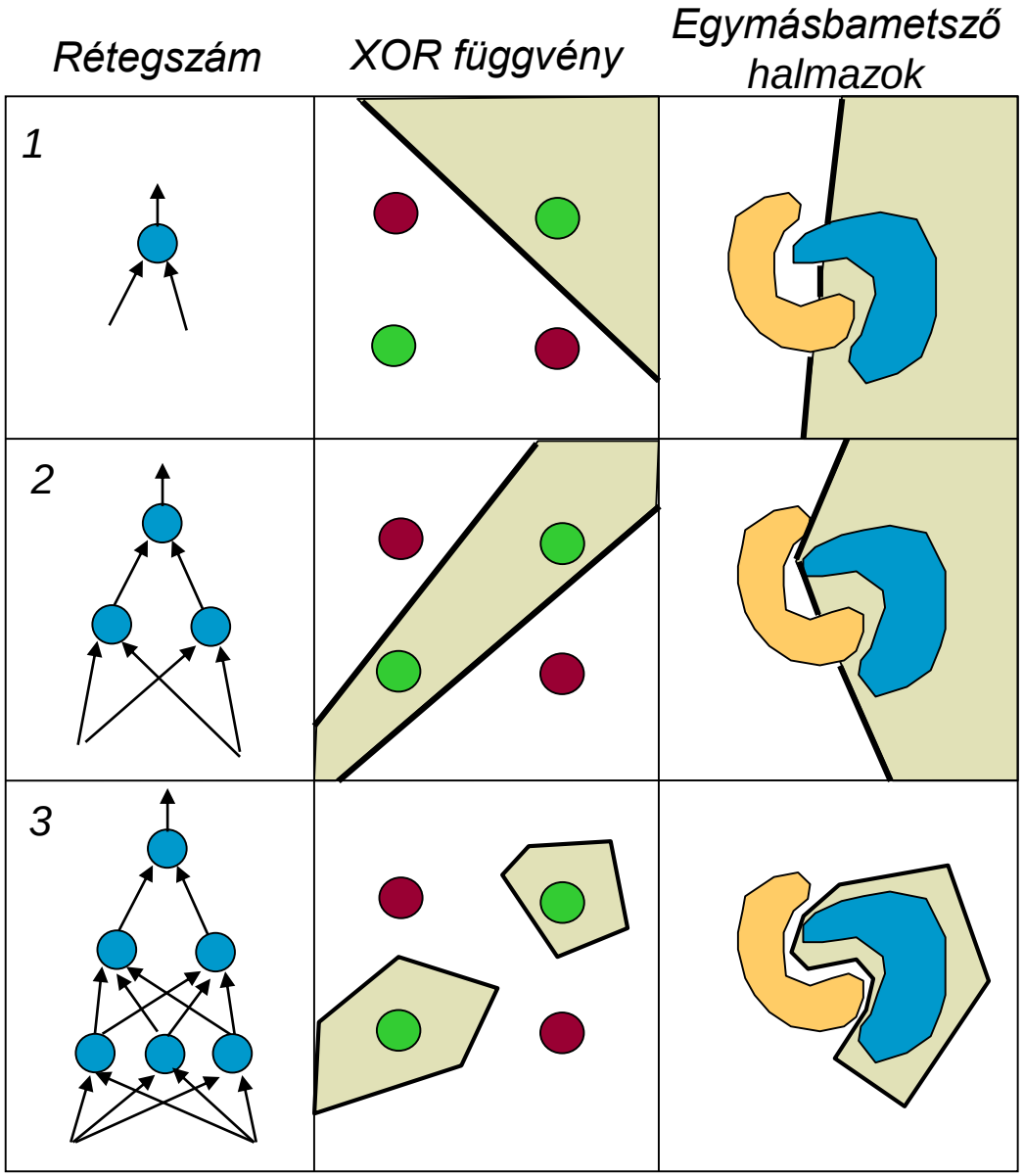
A többrétegű Perceptronban megjelenik egy, vagy több **rejtett** réteg, mely kapcsolatot teremt a bemeneti réteg és a kimeneti réteg között. A rejtett réteg és a kimeneti réteg minden neuronja egy-egy Perceptron, de ferdeátmenetes átviteli függvénnyel. Az input réteg neuronjainak csak bemenetijel-szétosztó szerepük van.

A többrétegű Perceptron összetett minták megtanulására képes, de ehhez **új tanulási szabályra** van szükség: ez az **általánosított delta szabály**, vagy **hibavisszaterjesztés (backpropagation).** Kidolgozóik **Rumelhart, McClelland és Williams (1986),** korábbiak **Parker 1982, Verbos 1974.**

A tématerület legfontosabb irodalma:
Rumelhart-McClelland: Parallel Distributed Processing c. könyv.

A tanítás alapgondolata: az elvárt és a számított kimenetek eltérését, mint a háló súlyaitól függő hibát értelmezzük és ezen, a súlyok terében értelmezett hibafüggvényen hajtunk végre egy minimális pont keresést.

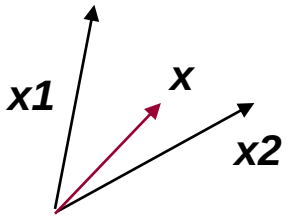
- **A többrétegű Perceptron osztályozó képessége**

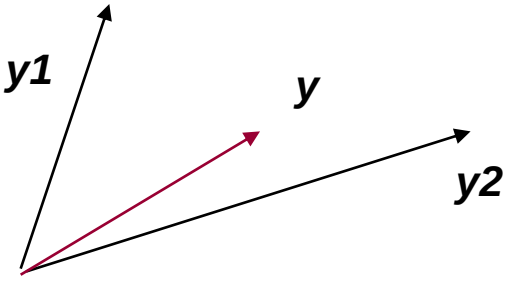


Anderson, ill. Kohonen: Lineáris asszociátor ..

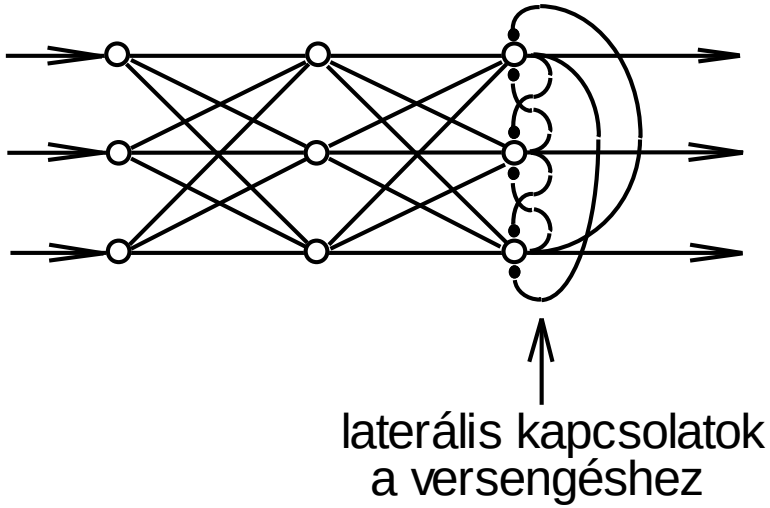
Kohonen által bevezetett fogalmak:

- **Autoasszociativitás:** a minta egy részének megadása elegendő a teljes minta előhívásához.
  Adott a betanítás: $\Phi(\mathbf{x}_i)= \mathbf{x}_i$, akkor ha **x** input közel van $\mathbf{x}_i$-hez, akkor a kimenet $\mathbf{x}_i$ lesz.
- **Heteroasszociativitás:** a minta egy részének megadása elegendő a teljes inputhoz társított output előhívásához.
  Adott a betanítás: $\Phi(\mathbf{x}_i)= \mathbf{y}_i$, akkor ha **x** input közel van $\mathbf{x}_i$-hez, akkor a kimenet $\mathbf{y}_i$ lesz.
- **Interpolatív asszociativitás:**
  Adott a betanítás: $\Phi(\mathbf{x}_i)= \mathbf{y}_i$, ekkor ha **x** input az $\mathbf{x}_i$-k (i=1,2,…,n) kombinációja, akkor a kimenet **y** az $\mathbf{y}_i$-k (i=1,2,…,n) kombinációja lesz.





- **McClelland és Rumelhart: Versengés és együttműködés 1981**



A legnagyobb kimeneti értékű neuron a laterális kapcsolatok segítségével elnyomja a többi kimenetét, ő nyer.

McClelland és Rumelhart a Szófelismerő modellükben a szavak hasonlóságát a neuronok közötti izgató és tiltó egymásrahatásokon keresztül mutatták be:

- egyik réteg: betűk,
- másik réteg: szavak.

A szóban előforduló betűket reprezentáló neuronok között a betű-rétegben **együttműködés**, egymás hatásának erősítése van.

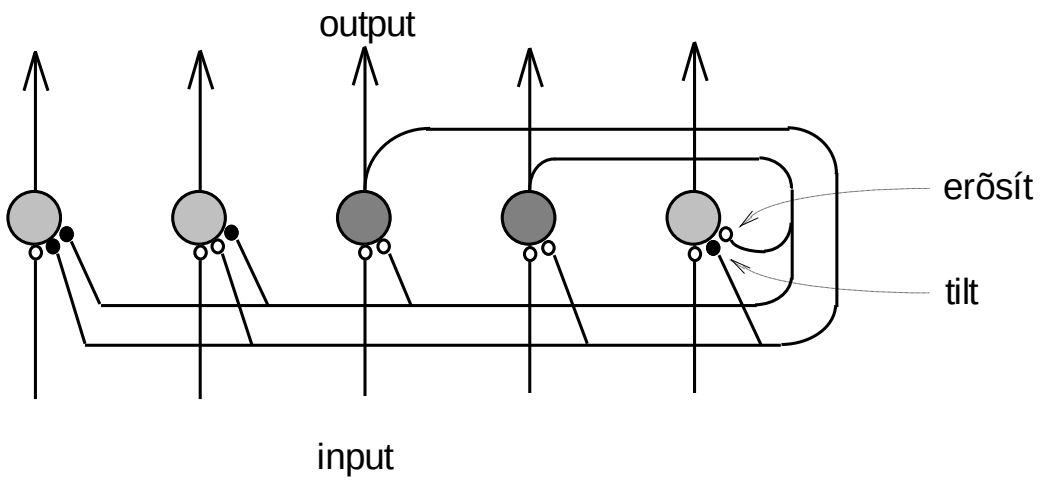
A szavak azonos pozíciójában lévő betűk között **versengés** van (TAKE, MAKE).

- **McClelland és Rumelhart: Versengés és együttműködés ..**
  - **Versengés:** a legnagyobb kimenetű neuron a laterális kapcsolatok segítségével elnyomja a többi kimenetét, ő nyer.
  - **Együttműködés:** az együttműködő neuronok erősítik egymást, hogy együtt nyerjenek.

	T	*M*	*A*	*E*	*K*
Pozíció 1	+	+			
Pozíció 2			+		
Pozíció 3				+	
Pozíció 4					+

Versengés az első pozícióért. A T betű neuronja és az 1. pozíciót jelentő neuron erősítik egymást

Kohonen: Önszervező háló, 1988

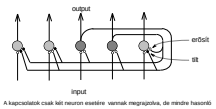


A kapcsolatok csak két neuron esetére vannak megrajzolva, de mindre hasonló

Jellemzői:

- **Felügyelt tanítás nélküli**, nem igényel elvárt output mintákat!
- Alaprendszer: egy, vagy kétdimenziós, küszöb típusú egységekből álló tömb, **laterális kapcsolatokkal**.
- **Általánosító képesség**, az egyedekre vonatkozó extrém információk elvesztése nélkül.
- Működés: a rendszer úgy módosítsa önmagát, hogy az egymáshoz közeli neuronok hasonlóan válaszoljanak. A neuronok **versenyeznek** egymással, a „győztesé minden” módon. A győztes itt egy fizikailag közelálló **csoport**.
- A megismert eseménytér összefüggései **leképeződnek** egy ugyanolyan topológiájú belső reprezentációra.

Kohonen: Önszervező háló ..

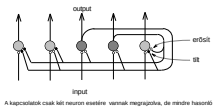


Jellemzői..:

- Az önszervező hálók képesek felismerni az input adatokban meglévő hasonlóságokat anélkül, hogy előzetesen osztályokat jelölnénk ki. Fogalomalkotásra képesek!

A Kohonen-féle háló önszervező tulajdonság-térkép, leképezés

- Az agyban meglévő funkcióspecifikus tagolódás kialakulását modellezi. Ezen régiókban a neuronok szerveződése, topológiája megfelel az oda ingert küldő érzékszervek topológiájának. Pl. különféle frekvenciájú hangok észlelésére a fonotopic map jött létre az agyban. Ezen területek lokalozált válasza az érzékszervektől jövő ingerekre, úgy tűnik, hogy egy speciális típusú laterális átcsatolással érhető el. (Mexikói kalap)
- Ezen egyrétegű háló időfüggő, időben változó laterális kapcsolatokkal bír.
- A felügyelet nélküli (unsupervised) tanulást a neuronok belső adaptációs szabálya biztosítja. A tanulás a szomszéd neuronoknál is végbemegy, nem csak a válaszadó neuron, hanem a környezete is megnöveli a válaszát az adott input mintára. A szenzorikus szomszédok agyi szomszédok lesznek.



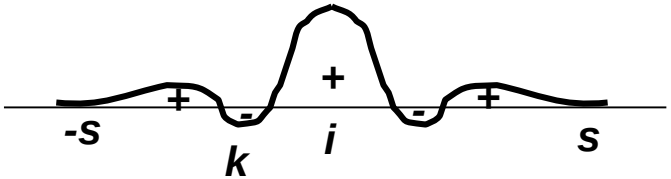
Kohonen: Önszervező háló ..

A Tulajdonság térképek kialakulása

- Az önszervezés kritikus pontja a lokális válasz létrehozása a laterális kapcsolatok által. Egy adott **x** input vektor esetén a nyertes neuron környezetére jutó átcsatolás erősségét és előjelét egy mexikói kalap alakkal jellemezhetjük. Matematikai alakja:

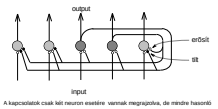
$$y_i(t) = \rho\left[x_i(t) + \sum_{k=-s}^{s} \gamma_k y_{i+k}(t-1)\right]$$

- Az i. neuron kimenete yi függ a bemenetétől xi és az s távolságú szomszédos neuronok előző időpontbeli kimenetétől. ρ a szigmoid átviteli függvény, γk pedig a [-s;s] szomszédossági tartományban fejezi ki a laterális kapcsolatok erősségét, a mexikói kalap alakot.



- A háló klusterekbe (1D,2D), vagy buborékokba (3D) szervezi a neuronokat: a kezdeti aktivitáseloszlás többé-kevésbé véletlenszerű, de idővel klusterekbe, buborékokba csoportosul.
- A számítás lépései:
  1. Az aktivitás maximumának megtalálása (nyertes)
  2. A környezet neuronjainak megadása (megerősítés).

Kohonen: Önszervező háló ..



Tanulás

- Inger, input hatására a laterális kapcsolatoknak köszönhetően a háló létrehozza a **klustert**, vagy **buborékot**, mely aktív. Azaz a legerősebb aktivitással bíró neuron és környező neuronjai adnak pozitív kimenetet, miközben a többiek nulla kimenetűek. Az inputból eredő aktiválás az u_c neuronnál:

$$x_c = \sum_j w_{jc} \cdot a_j$$

azaz az inputok súlyozott összege.

- A **kluster átmérője** függ a pozitív és negatív súlyok arányától. A kluster méret meghatározása után lezajlik a tanulás ezekben a neuronokban: minden beleeső neuron közelebb viszi a súlyait egy bizonyos értékkel az A_k inputmintához. A kívüleső neuronoknál nincs tanulás, változás.

- **Hátracsatolt mesterséges neuronháló modellek**

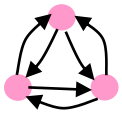
A hátracsatolt (feedback) modelleknél az input réteg neuronjai felől nemcsak előre, az output réteg neuronjai felé, hanem visszafelé is áramlanak a jelek. Így egy neuron kimenete visszacsatolódik egy megelőző réteg neuronjára, ezáltal a visszacsatolt neuron bemenetének értéke függhet a korábbi kimeneti értéktől. Ezen hálók asszociatív memóriaként való működésük során az input ráadásakor egy iteratív konvergens folyamaton keresztül veszik fel a stabil állapotukat és szolgáltatják a kimenetet.

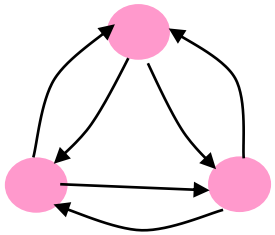
Vizsgált típusok:

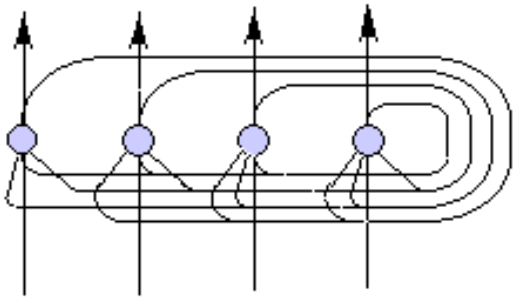
1. **Hopfield** háló
2. **BAM** = Bidirectional Associative Memory, kétirányú asszociatív memória
3. **ART** = Adaptive Resonance Theory, adaptív rezonancia elmélet alapú háló.

dr.Dudás László

- **Hopfield háló, 1982**







1.

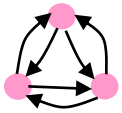
John Hopfield

Jellemzői:

- Egyetlen neuronréteg, mely bemenetként és kimenetként egyaránt szerepel
- Teljes kapcsolódás: minden neuron minden neuronnal; egyetlen laterális hálózat
- A neuronok kapcsolata szimmetrikus: $w_{ij} = w_{ji}$
- A kimenetek bemenetekre való visszacsatolása miatt időfüggő működést mutat
- CAM (Content Addressable Memory)-ként, tartalom által címezhető memóriaként működik: képes részinformáció alapján a teljes tárolt minta felidézésére, autoasszociatív módon
- A neuronok küszöbbel rendelkező bináris (0;1), vagy az egyszerűbb matematikára vezető bipoláris (-1;+1) lépcsős függvénnyel működnek.
- Az input is kétértékű: bináris, vagy bipoláris.

1.http://images.google.com/imgres?imgurl=www.ai.univ-paris8.fr/CSAR/images/

Hopfield háló ..



Jellemzői:

- A **súlymátrix képzése** nagyon egyszerű:

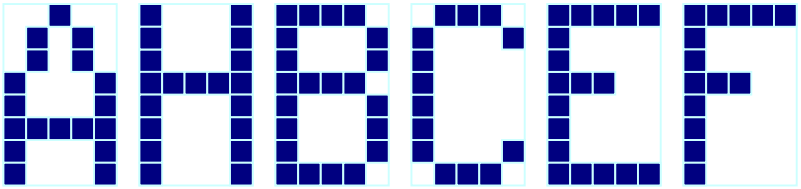
  - képezni kell egy adott inputvektor mátrixot eredményező **külső szorzatát**

  - a különféle inputvektorokkal adódó **mátrixok összege** lesz a súlymátrix.
- **Működés**: a megkonstruált ("betanított") mátrixnak megadva egy input vektort (mely eltérhet a konstruálásra felhasználtaktól) a háló a visszacsatolt gerjesztések alapján **eljut egy stabil állapotba** (energiaminimum), mely megfelel az egyik korábbi inputnak. 3D-ben az energiafelület egy völgyekkel tarkított felület lesz. Annyi lesz a völgyek száma, ahány korábbi betanító vektort használtunk.
- Egy soha nem látott inputminta hatására a hozzá legközelebb álló lokális **energiaminimum-völgybe** jut el a rendszer, mely megfelel egy olyan tanult mintázatnak, amely legközelebb áll a megadott input mintához. Ezen működési forma miatt nevezik CAM-nek.
- A neuronok **kollektív döntést** hoznak, mivel mindegyik neuron kimenete hat a többi bemenetére.
- N flip-flop: N állapot közül billen be valamelyikbe.

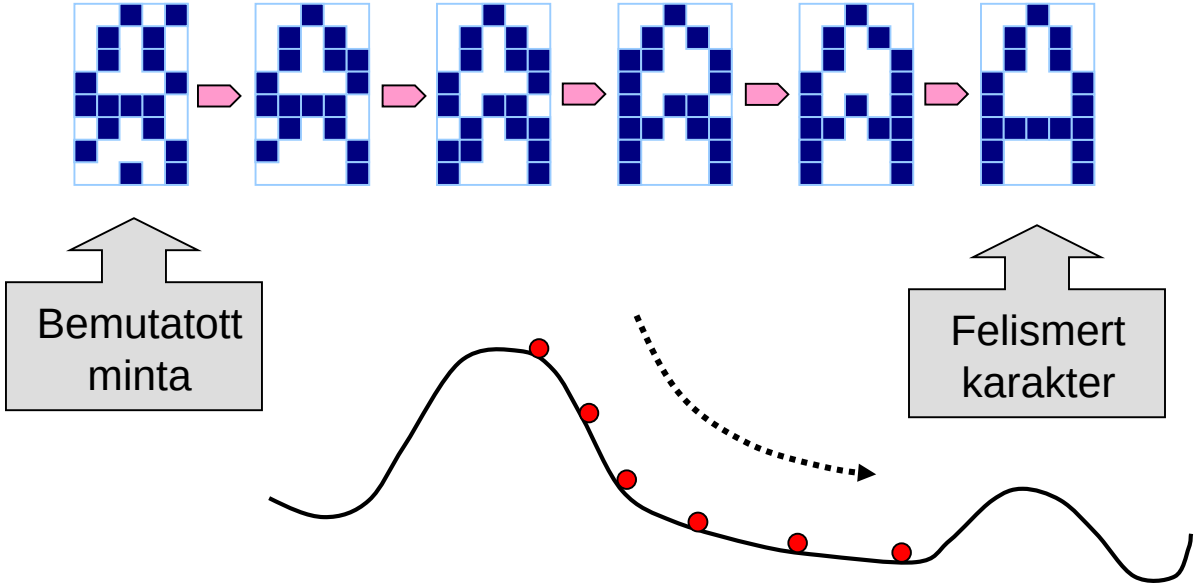
dr.Dudás László

Példa a Hopfield háló alkalmazására

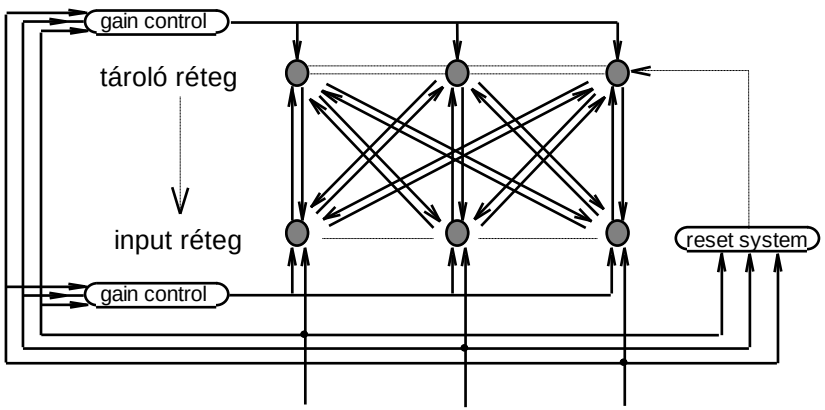
- **Karakterfelismerő**
  Adottak a betanítóminta-karakterek:



- A bemutatott minta és az állapotváltozások a stabil állapotig:



- **Az ART= Adaptive Resonance Theory, Adaptív Rezonancia Elmélet alapú háló, Stephen Grossberg és Gail Carpenter, 1983**

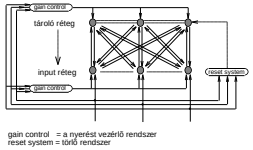


gain control = a nyerést vezérlõ rendszer
reset system = törlõ rendszer

Jellemzői

- Két réteg neuront tartalmaz: 1. input/összehasonlító réteg
  2. output/felismerő/tároló réteg
- Teljes oda-vissza kapcsolat az 1. és 2. réteg között: **W** 1.⇒2.
  T 2.⇒1.
- A 2. rétegben versenyzés, tiltó laterális kapcsolatok vannak+saját erősítése
- A neuronok valójában neuron csoportok, klusterek

Adaptív Rezonancia Elmélet alapú háló



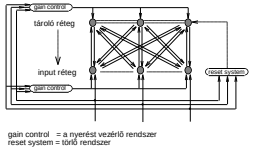
Működése
fázisok:

- **Inicializálás**
- **Felismerés**
- **Összehasonlítás**
- **Keresés**
- **Rezonancia, bevésődés.**

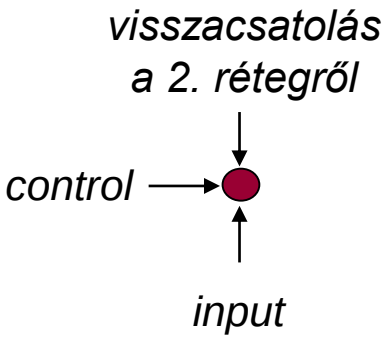
- **Inicializálás**
  - Gain control1 = 1, ha input jelet adunk a bemenetre
    = 0, ha a felismerő, tároló 2. réteg valamelyik neuronja felismerte az inputot és aktív
  - Gain control2 = 1, ha input jelet adunk a bemenetre
    0, ha a vigilance (ismertségi) teszt sikertelen (tiltja a 2. réteg neuronjait és aktivációs szintjüket nullázza)
  - **W** ⇑ és **T** ⇓ súlymátrix inicializálása:
    T ⇓ súlyai= 1, a visszacsatolás teljes értékű
    W ⇑ súlyai= $w_i = 1/(1+N)$ N az input neuronok száma
  - Vigilance (ismertségi) küszöb beállítása: $0 < \rho < 1$

dr.Dudás László

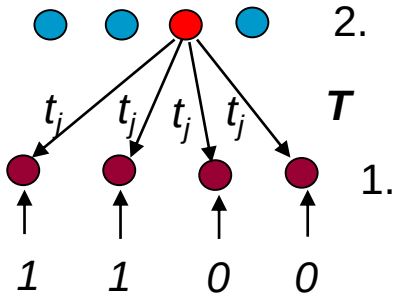
Adaptív Rezonancia Elmélet alapú háló ..



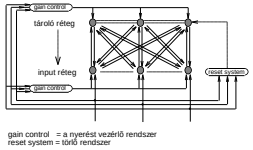
- **Felismerési fázis**
  - Input minta ráadva, megpróbálja valamelyik, a 2. rétegbeli neuron által képviselt osztályba besorolni, ha a visszaterjesztés után számított ismertségi (vigilance) teszt elég nagy, egyébként új, ismeretlen mintaként kezeli.
  - Az input neuronoknak három bemenete van: 2/3-os szabály: kimenet=1, ha kettő a háromból aktív, egyébként a kimenet= 0.



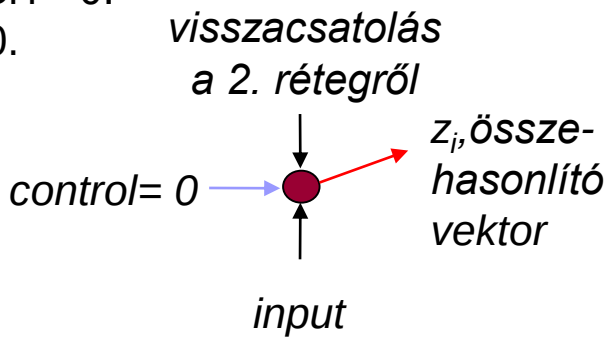
  - A felismerési fázis a Kohonen féle háló működésére emlékeztet: osztályokba sorolás.
    Versengés a 2. rétegben: skalárszorzat az input vektor és a vizsgált 2. rétegbeli neuron súlyai között: az a felismerő (tároló) neuron nyer, amelyiknél a szorzat, hasonlóság a legnagyobb.
  - A nyertes *j** felismerő (tároló) neuron visszaterjeszti az 1 értékű kimenetét a **T** súlyain át az 1. input/összehasonlító rétegre.



Adaptív Rezonancia Elmélet alapú háló ..



- **Összehasonlító fázis**
  - A 2. rétegbeli nyertes neurontól visszaterjesztett jelek és az input vektor összehasonlítása, eközben gain control1= 0.
    2/3-os szabály: 1+1⇒1, egyébként ⇒0.
  - Ismertségi (vigilance) teszt
    Mennyire egyezik ***x*** és ***z*** ?



$$\frac{\sum_{i=1}^{N} t_{\vec{i}j} x_i}{\sum_{i=1}^{N} x_i} \overset{?}{>} \rho$$

Ha az ismertség elég nagy, akkor az ***x*** input a nyertes *j** neuron által képviselt osztályba tartozik, egyébként, ha az ismertség nem elég nagy, belép a keresési fázisba.

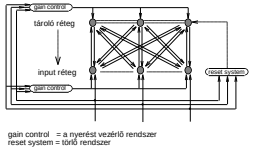
A ρ ismertségi küszöb hatása:

ρ < 0.4 → alacsony felbontású osztályozás, mindent egy osztályba sorol

ρ > 0.8 → finom felbontás, sok osztály, minden egyed más osztályba kerül.

dr.Dudás László

Adaptív Rezonancia Elmélet alapú háló ..



- **Keresési fázis**
  - Megpróbál egy nagyobb ismertséget adó felismerő (tároló) neuront találni, de ehhez a **reset system** útján letiltja a korábbi nyertes neuront. Ciklusban ismétli az input felterjesztés, nyerés, visszaterjesztés, összehasonlítás (ismertségi teszt), kis ismertség esetén a nyertes letiltása lépéseket, amíg vagy talál egy jól osztályozó neuront, vagy elfogynak a tároló neuronok. Ha elfogytak, akkor az ***x*** mintát új mintaként értékeli és egy új tárolóneuront rendel hozzá.

- Rezonancia, bevésődés
  - Amennyiben az input ismertsége elegendő, a *j** neuron jól osztályozta az ***x*** input mintát, a rendszer rezonál, a jelek föl-le áramlanak és a kapcsolatok megerősödnek. Grossberg szerint ily módon modellezhető a hosszútávú memória kialakulása.